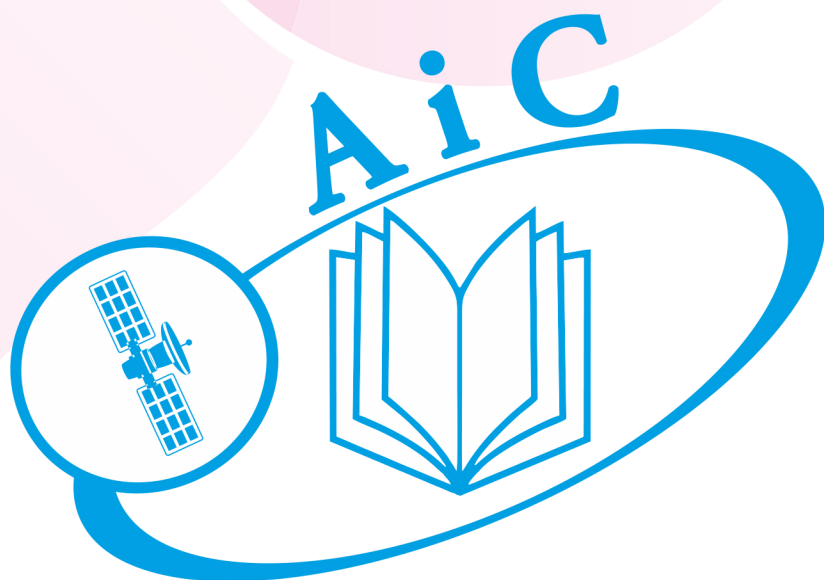


"АСТРОНОМІЯ І СЬОГОДЕННЯ"

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ



Вінниця 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБІНСЬКОГО

АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ГОЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ НАН УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ М. П. ДРАГОМАНОВА

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

УМАНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПАВЛА
ТИЧІНИ

ВІННИЦЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР
ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ

11-а Всеукраїнська наукова конференція

«АСТРОНОМІЯ І СЬОГОДЕННЯ»

12 квітня 2023 року

Вінниця • «ТВОРИ» • 2023

УДК 52(06)
A91

Рекомендовано до друку вченою радою Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (протокол від 21 червня 2023 року № 11)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Володимир Заболотний – *д-р. пед. наук., професор, академік АН ВО України, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*

Олександр Мозговий – *канд. тех. наук, доцент, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*

Анатолій Відьмаченко – *д-р. фіз.-мат. наук, професор, академік АН ВШ України, професор кафедри фізики Національного університету біоресурсів і природокористування України, головний науковий співробітник відділу фізики субзоряних і планетних систем Головної астрономічної обсерваторії НАН України*

Микола Шут – *д-р фіз.-мат. наук, професор, академік національної академії педагогічних наук України, завідувач кафедри фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*

Валерій Криводубський – *д-р. фіз.-мат. наук, ст. науковий співробітник, Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

Олексій Стеклов – *канд. фіз.-мат. наук, ст. науковий співробітник, Головна астрономічна обсерваторія НАН України*

Вікторія Думенко – *канд. тех. наук, доцент, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*

Олександр Кузьминський – *канд. пед. наук, викладач Вінницького обласного комунального педагогічного коледжу*

Адреса редакційної колегії: 21100, м. Вінниця, вул. Острозького, 32,
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського.
Факультет математики, фізики і комп'ютерних наук
Кафедра фізики і методики навчання фізики, астрономії

A 91 Астрономія і сьогодення: матеріали 11-ї Всеукраїнської наукової конференції, 12 квітня 2023 р., Вінниця / ред.: В.Ф. Заболотний, О.В. Мозговий. – Вінниця: ТВОРИ, 2023. 252 с.

ISBN 978-617-552-363-6

Проведена конференція прив'язана 50-чю Міжнародного дня астрономії. У збірнику наукових праць представлені підходи до проблем сучасних досліджень Космосу, космічних вторгнень в атмосферу Землі, умови можливого переселення людства на інші планети чи їх супутники у Сонячній системі. Розглядаються питання історичних аспектів розвитку астрономії, методики навчання астрономії в середніх та вищих навчальних закладах.

Збірник буде корисним науковцям, викладачам, аспірантам, студентам ЗВО, учителям, учням закладів середньої освіти.

Статті подані в авторській редакції.

УДК 52(06)

ISBN 978-617-552-363-6

© Автори статей 2023

ПЕРЕДМОВА

11-а Всеукраїнська наукова конференція «Астрономія і сьогодні» присвячена 50-чю Міжнародного дня астрономії. Це свято народилося в Америці у 1973 році і проводиться кожного року 29 квітня. Воно об'єднало всіх справжніх любителів астрономії під девізом «Несучі Астрономію людям». На сьогоднішній день рух очолюють Астрономічна Ліга, Тихоокеанське астрономічне товариство, Міжнародний Союз планетаріїв. День Астрономії зазвичай відзначається в день, коли Місяць має фазу поблизу 1-й чверті, що припадає на інтервал з середини квітня до середини травня. Цього дня тисячі астрономічних клубів, наукових музеїв, обсерваторій, планетаріїв в багатьох країнах світу проводять безліч цікавих заходів, включаючи публічні лекції, телеконференції, спільні проекти, масові покази зоряного неба і т.п.

Традиційно конференція проводиться 12 квітня. Цей день за рішенням Міжнародної авіаційної федерації (ФАІ) відзначається як «Всесвітній день авіації та космонавтики». В Україні 12 квітня щорічно відзначають «День працівників ракетно-космічної галузі України» згідно з Указом Президента України від 13 березня 1997 року № 230/97. Пізніше, 7-го квітня 2011-го року, на рівні Генеральної Асамблеї ООН, була прийнята відповідна резолюція № 65/271, в якій 12-е квітня проголошено Міжнародним днем польоту людини в космос.

7 січня 1610 року Галілео Галілей вперше в історії людства направив побудований ним телескоп на небо, а сьогодні небо умовно поділене вже на 88 ділянок - сузір'їв. У Всесвіті нараховуються мільярди галактик, що утворюють згущення, шари і ланцюжки, розділені порожнім простором.

Церера, найбільший астероїд, відомий нам, що має 940 км в діаметрі. Це перший відкритий астероїд. Він був виявлений Джузеппе Пьяцца з Палермо, Сицилія 1 січня 1801 року.

Сім зірок знаходяться в межах 10 світлових років від нас, і найближча до нас - Проксіма Центавра з системи альфа Центавра.

Астрономам відомо, що температура на Місяці коливається від -164 до +117 градусів Цельсія. Місяць завжди повернений до Землі однією стороною і здійснює повний оберт навколо Землі за 27.3 доби, Земля ж обертається навколо Сонця за 1 рік (365.24 доби).

Щоб сонячне світло досягло Землі потрібно близько 8,5 хвилин. Світло від зірки Денеб, що входить в сузір'я Лебедя подорожує до нас 800 років. На Венері доба довша за рік. Планету Уран видно з Землі неозброєним оком. Маса Юпітера в 318 разів більша за масу Землі. Обсяг Сатурна перевищує земний в 758 разів. У 2006 році Плутон позбавили звання планети через його маленький розмірі. Атмосфера Марса на 95% складається з вуглекислого газу.

Основні питання, які обговорювались на конференції: стан сучасних досліджень космосу; обґрунтування можливостей створення довгострокових баз на Місяці та Марсі для проживання людей; історичні аспекти астрономічних та космічних досліджень, зокрема внесок українських учених; астрономія давнього світу, історія астрономічних обсерваторій України та світу; методичні аспекти вивчення астрономії в умовах дистанційного навчання.

Представлено доповіді відомих науковців з провідних наукових астрономічних установ і закладів вищої освіти України, а також учнів шкіл Вінниці і області та студентів закладів вищої освіти.

СТАН СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОСМОСУ

ПРО МАКСИМУМ 25 ЦИКЛУ І МОЖЛИВИЙ ПОДАЛЬШИЙ ТРЕНД СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ

Володимир Єфіменко – канд. фіз.-мат. наук, директор Астрономічної обсерваторії
Всеволод Лозицький - д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Розглядається прогноз амплітуди 25-го циклу сонячної активності, на основі аналізу даних про 24 попередні сонячні цикли. Вивчається статистичний зв'язок між швидкістю збільшення числа сонячних плям на фазі кривої росту і амплітудою в максимумі циклу. Виявилось, що результат прогнозу залежить від кількох початкових припущень, зокрема від того, яка ділянка кривої росту враховується для прогнозування, а також чи враховуються всі 24 цикли, або тільки непарні. Припущення монотонної або немонотонної кривої зростання також відіграє важливу роль. Щодо останнього кластерний аналіз показав, що до 32-го місяця циклу, видимих ознак немонотонності в кривій зростання не спостерігається, схожою на ту, що була в 24 циклі. Робимо висновок, що максимальна згладжена кількість сонячних плям у 25-му циклі W_{max} (25), швидше за все, має дорівнювати 185 ± 18 одиниць у новій системі, що відповідає середній потужності сонячного циклу, з виконанням правила Гневишева-Оля. При таких параметрах цього циклу ознак наближення до глибокого мінімуму вікового циклу в середині 21 ст. немає. Це не виключає факту що цей глибокий віковий мінімум може наступити раптово і різко відразу після 25 числа циклу, як це було, наприклад, у мінімумі Дальтона.

Ключові слова: Сонце, сонячна активність, число сонячних плям, прогноз амплітуди 25-го циклу, правило Гневишева-Оля, мінімум вікового циклу.

Вступ. Сонячна активність – досить складне явище в атмосфері Сонця, яке має магнітну природу та циклічні зміни у часі. Найвідомішим є 11-річний цикл сонячної активності, хоча існують і інші цикли, включаючи 22-річний, 44-річний і віковий цикл тривалістю близько 100 років.

Серед спеціалістів найбільша увага приділяється прогнозуванню 11-річного циклу, оскільки цей цикл пов'язаний з найбільш суттєвими змінами в навколоземному космічному просторі і геосфері. В даний час надійних методів прогнозу сонячної активності ще не створено, хоча наукових праць на цю тему досить багато. Фахівці [1] виділяють три основні групи методів: методи зовнішнього впливу, побудови моделей і екстраполяції (врахування статистичних зв'язків в межах одного циклу).

Метод зовнішнього впливу базується на величині сонячної активності в даний час, для прогнозу висоти наступного сонячного максимуму. Застосування цього методу передбачає знання моделі чи фізичного механізму активності. При цьому приймається, що кожен сонячний цикл сам по собі є узгодженим процесом, тоді як тривалі ряди сонячної активності складаються з серії набагато менш пов'язаних між собою окремих циклів. Найбільш вживаною моделлю, яка використовується для прогнозування сонячної активності, є сонячне динамо. Методи екстраполяції застосовуються при умові, що фізичний процес розвитку циклу є статистично однорідним, тобто математичні закономірності, що лежать в основі його змін, однакові в будь-який момент часу, і тому він піддається аналізу та прогнозуванню методами часових рядів.

Порівняння останніх прогнозів сонячної активності в новому 25-му циклі, який розпочався в грудні 2019 року, наведено в роботі [1]. З цього порівняння випливає, що навіть найсучасніші методи прогнозування дають істотно різні результати. Наприклад, метод нейронної мережі дає амплітуду 25-го циклу на рівні 57-91 одиниць [2], атракторний аналіз - близько 103 од. Для порівняння варто нагадати, що в попередньому

24-му циклі, сонячна активність досягла 116 одиниць (у 2014 році). У той же час вейвлет-аналіз передбачає висота максимуму 25-го циклу на рівні 132 одиниць [3], а метод внутрішніх прекурсорів – в діапазоні 154-202 одиниць [4]. Таким чином, загалом, неясною залишається ситуація з максимумом цього циклу, який очікується у 2024-2026 роках. Однак ситуація була точно такою ж раніше, коли робились прогнози попереднього 24-го циклу сонячної активності (див., наприклад, [5, 9]).

Поточний 25-й цикл також привертає значну увагу, оскільки частина дослідників робить висновок про настання мінімуму вікового циклу сонячної активності, який припадає приблизно на середину 21 століття. Жаркова та Шеперд [10] зазначають у нещодавно опублікованій статті, що великий сонячний мінімум повинен відбуватися в циклах № 25-27.

Метою цієї роботи є отримання прогнозної оцінки амплітуди 25-го циклу на основі швидкості росту чисел Вольфа (число Вольфа це індекс сонячної активності, який відповідає кількості сонячних плям на видимій поверхні Сонця) на фазі росту цього циклу.

Дані спостережень та їх аналіз. Для аналізу ми використали дані про хід сонячного циклу, розміщені на сайті <http://www.solen.info/solar/>. Тут представлено дані про кількість плям на Сонці за результатами проведеного перегляду Міжнародним центром даних у Королівській бельгійській обсерваторії [11].

На рис. 1 представлено дані для нового, ревізованого ряду відносних чисел сонячних плям. Результати такої ревізії опубліковані у 2014 р. [11] за даними Міжнародного Центру Даних при Бельгійській Королівській Обсерваторії. Основні зміни полягають у тому, що взято за основу спостережний ряд Альфреда Вольфера, що приблизно в 1.67 раза збільшує більш ранні значення, роблячи їх співмірними із сучасними оцінками. Крім того, були виправлені значення після 1947 р., коли М. Вальдмайером при визначенні відносного числа сонячних плям були введені вагові коефіцієнти відповідно до розміру плям. Також було знайдено і усунуто змінний тренд у спостереженнях обсерваторії Локарно, яка була реперною обсерваторією після 1980 р.

Цикл № 25 розпочався у грудні 2019 року (див. рис. 1). Для отримання прогнозних оцінок нами обчислювалась швидкість збільшення кількості сонячних плям ($\Delta W/\Delta T$) для різних циклів і ставилась у відповідність максимальна амплітуда сонячних плям W_{\max} у максимумі кожного циклу. Подібний підхід був застосований В.Лозицьким та В.Сфіменком [6], але для кількості сонячних плям у старій системі. Ми виявили, що результат прогнозування циклу істотно залежить від ділянки кривої росту, що використовувалась для прогнозування циклу.

З рис. 1 випливає, що фактичне наростання з часом числа сонячних плям відбуваються значно швидше, ніж по прогнозу. Такий сценарій означає, що число плям в максимумі має бути більшим прогнозованого. Це число можна оцінити, виходячи з швидкості наростання числа плям з часом, як це було зроблено в роботі [6]. У цій роботі автори використовували як вхідний параметр приріст числа сонячних плям з 20-го по 32-й місяці циклу, і на основі побудованої кореляційної залежності для попередніх 23 циклів прогнозували максимум 24-го циклу.

Залежність між середньомісячною швидкістю наростання числа сонячних плям в інтервалі місяців 15-32 від початку циклу, яка позначена нижче як $(\Delta W/\Delta T)_{15-32}$, та максимальним згладженим числом сонячних плям W_{\max} (на основі даних про 24 попередні сонячні цикли), можна апроксимувати лінійним виразом:

$$W_{\max} = 17.9 (\Delta W/\Delta T)_{15-32} + 86.17. \quad (1)$$

Для поточного 25-го циклу $(\Delta W/\Delta T)_{15-32} = 4.5$. Тоді, згідно (1), $W_{\max}(25) = 166.7$, що значно вище, ніж по деяких прогнозах [1].

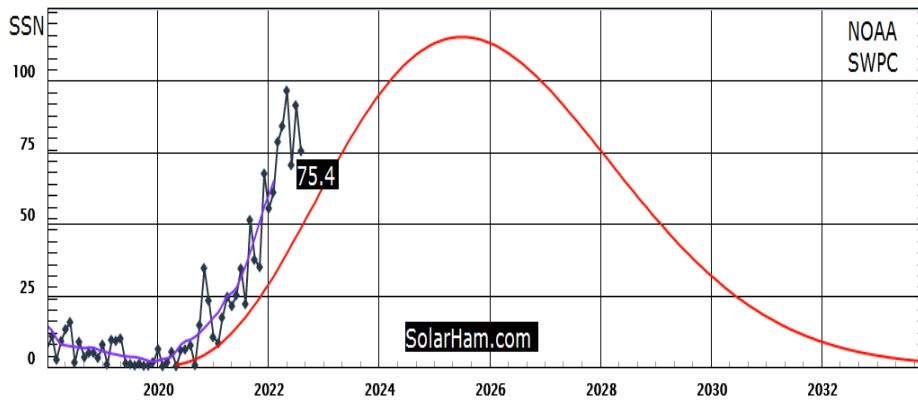


Рис. 1. Порівняння прогнозу числа сонячних плям у 25-му циклі згідно з NOAA / Space Weather Prediction Center (суцільна плавна крива) з фактичними змінами середньомісячних значень (ромби) а також згладжених значень, які представлені плавною кривою, проведеною по середньомісячних значеннях. Вісь ординат підписана як SSN і означає число плям (sunspot number). Цифра 75.4 означає середньомісячне згладжене число сонячних плям за серпень 2022 р.

Автори провели дослідження тривалості вибраного тестового інтервалу на прогнозування амплітуди 25 циклу. Виявилось, що при звуженні тестового інтервалу (число місяців від початку циклу) величина W_{\max} суттєво змінюється. Так, якщо замість інтервалу 15-32 місяці взяти інтервал 27-32 місяці від початку циклу, то маємо значно більш розсіяну залежність, яка апроксимується виразом

$$W_{\max} = 15.81 (\Delta W / \Delta T)_{27-32} + 103.55. \quad (2)$$

Оскільки для 25-го циклу $(\Delta W / \Delta T)_{27-32} = 5.87$, то згідно (2) маємо $W_{\max}(25) = 196.4$. Таким чином, прогнозоване значення $W_{\max}(25)$ у цьому випадку на 20 одиниць більше, ніж для інтервалу 15-32.

Оскільки 25-й цикл є непарним, цікаво розглянути лише непарні цикли. Відповідний розгляд показує, що тоді рівняння регресії є таким

$$W_{\max} = 13.85 (\Delta W / \Delta T)_{27-32} + 122.88. \quad (3)$$

З цього рівняння випливає, що при $(\Delta W / \Delta T)_{27-32} = 5.87$ маємо $W_{\max}(25) = 204.2$. Таким чином, прогноз стає ще більш високим, наближаючись по величині до класу потужних сонячних циклів.

На основі цього розгляду можна зробити висновок, що активність в сонячному циклі № 25 поступово «розганяється» - з наближенням до максимуму циклу (тобто в період 27-32 місяці циклу) її зростання відповідає більш потужному циклу, ніж на більш початковій фазі кривої росту, що відповідає розширеному інтервалу у 15-32 місяці. Основне питання, яке при цьому виникає, є таким: такий прискорений ріст активності і надалі зберігатиметься, чи він, подібно до попереднього 24-го циклу, зміниться сповільненим ростом ?

Для пошуку відповіді на це питання був розглянутий розподіл сонячних циклів по середньомісячній швидкості росту для інтервалів 15-32, 21-32, 27-32 місяців передісторії (Табл. 1). З цієї таблиці випливає, що цикл № 25 попадає у найчисленнішу групу циклів ($\approx 50\%$), в якій середньомісячна швидкість росту числа сонячних плям знаходиться в межах 3-6 одиниць щомісяця у всіх вказаних інтервалах передісторії. Причому цікаво, що в інтервалах передісторії 15-32 та 21-32 цикли №№ 24 і 25 є «близнюками», тобто попадають в однакові кластери, тоді як в інтервалі 27-32 місяців цикл № 24 вже «випадає», а цикл № 25 – залишається. Тобто це означає, що цей останній період розвитку активності у 25-му циклі вже відбувається по іншому сценарію, ніж у 24-му циклі.

Можливо, це вказує на те, що подальший розвиток активності у поточному 25-му циклі і надалі буде йти по сценарію, відмінного від попереднього 24-го циклу.

Таблиця 1. Розподіл циклів по середньомісячній швидкості росту для інтервалів передісторії 15-32, 21-32, 27-32 місяців

Інтервал швидкостей (одиниць чисел Вольфа)	Інтервал передісторії (місяців)	15-32	21-32	27-32
0-3	п кількість	4	5	7
	№ циклів	1, 5, 6, 7	5, 6, 7, 12, 15	6, 7, 12, 13, 14, 15, 16
3-6	п кількість	13	11	10
	№ циклів	2, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 25	1, 2, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 23, 24, 25	1, 2, 4, 5, 9, 10, 17, 20, 23, 25
6-9	п кількість	5	5	7
	№ циклів	4, 11, 18, 21, 22	4, 11, 18, 20, 21	8, 11, 18, 19, 21, 22, 24
9-12	п кількість	3	4	1
	№ циклів	3, 8, 19	3, 8, 19, 22	3

З наведеного вище розгляду випливає, що ймовірна амплітуда активності у 25-му циклі має знаходитись у межах приблизно 167-204 одиниці, що можна записати так: $W_{\max}(25) = 185 \pm 18$ од. Таким чином, у циклах №№ 24-25 має виконатись правило Гневишева-Оля [12], згідно з яким непарний цикл має бути на $\sim 10-50\%$ потужніший, ніж попередній парний цикл (рис. 2).

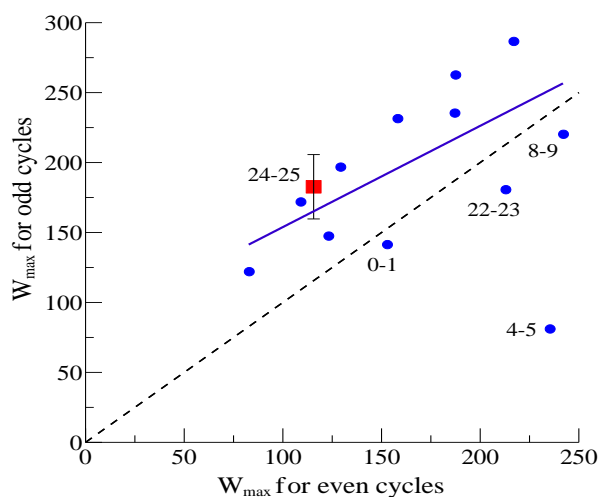


Рис. 2. Співставлення фактичних амплітуд W_{\max} для парних (even) і непарних (odd) циклів, яке показано заповненими кружечками (див. текст)

Висновки. Згідно з даними про 24 попередні сонячні цикли, які стосуються статистичного зв'язку між швидкістю наростання числа сонячних плям $\Delta W/\Delta T$ на фазі кривої росту і амплітудою циклу W_{\max} , максимальне згладжене число сонячних плям у 25-му циклі $W_{\max}(25)$ очікується на рівні 185 ± 18 у новій системі, що відповідає середньому по потужності сонячному циклу, з виконанням правила Гневишева-Оля. Оцінка

$W_{\max}(25)$ залежить від того, яку ділянку кривої фази росту циклу взяти за основу для прогнозування, а також від того, приймати до уваги всі 24 цикли, чи лише непарні. На результат прогнозування впливає також вихідне припущення про монотонність чи немонотонність фази росту. Порівняння швидкостей наростання числа сонячних плям на різних ділянках фази росту різних циклів (Табл. 1) показує, що поточний цикл № 25 не виявляє ранніх ознак немонотонності росту, подібних до спостережених у 24-му циклі. Якщо ця тенденція збережеться, фактичне значення $W_{\max}(25)$ буде на верхній межі зазначеного інтервалу вірогідних значень. При таких параметрах 25-го циклу, немає ознак наближення глибокого мінімуму вікового циклу в середині ХХІ ст.

Список використаних джерел:

1. Petrovay K. Solar cycle prediction // Living Review Sol. Phys. 2020, Vol.17, art. No.2. URL: <https://doi.org/10.1007/s41116-020-0022-z>.
2. Attia A.F., Ismail H.A., Basurah H.M. (2013) A neuro-fuzzy modeling for prediction of solar cycles 24 and 25 // Astrophysics and Space Science. – 2013. – Vol. 344. – P. 5–11. URL: <https://doi.org/10.1007/s10509-012-1300-6>
3. Rigozo N.R., Souza Echer M.P., Evangelista H., Nordemann D.J.R., Echer E. Prediction of sunspot number amplitude and solar cycle length for cycles 24 and 25 // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2011. – Vol. 73(11–12). P. 1294–1299. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2010.09.005>
4. Li K.J., Feng W., Li F.Y. Predicting the maximum amplitude of solar cycle 25 and its timing // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2015. Vol. 135. – P. 72–76. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2015.09.010>
5. Tsirulnik L.B., Kuznetsova T.V., Oraevsky V.N. Forecasting the 23rd and 24th solar cycles on the basis of MGM spectrum // Advance in Space Research. –1997. – Vol. 20. – P. 2369–2372.
6. Лозицький В., Єфіменко В. Розвиток сонячної активності у 24-му циклі: сценарій 15-го циклу? // Вісн. Київ. ун-ту. Астрономія. – 2012. – Вип. 49. – С. 47–50.
7. Наговицын Ю.А., Кулешова А.И. Соотношение Вальдмайера и ранняя диагностика величины максимума текущего цикла солнечной активности // Астрон. ж-л. – 2012. – Т. 89, № 10. – С. 883–887.
8. Pishkalo M.I. Prediction of solar cycle 24 using sunspot number near the cycle minimum // Solar Phys. – 2014. – Vol. 289, Iss. 5. – P. 1815–1829.
9. Lozitsky V.G., Efimenko V.M. Prognoses and anomaly of 24th cycle of solar activity // Odessa Astronomical Publications. – 2014. – Vol. 27, No.2. – P. 90–91.
10. Zharkova, V. V., Shepherd, S. J. Eigenvectors of solar magnetic field in cycles 21-24 and their links to solar activity indices // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2022. – Vol. 512, Iss. 4, pp. 5085 – 5099.
11. Clette F., Svalgaard L., Vaquero J.M., Cliver E.W. Revisiting the sunspot number. A 400-year perspective on the solar cycle. // Space Sci. Rev. – 2014. – Vol. 186, Iss. 1-4. – P. 35-103.
12. Gnevyshev M.N. Essential features of the 11-year solar cycle // Solar Physics. – 1977. – Vol.51. – P. 175-183.

ABOUT A MAXIMUM OF 25 CYCLES AND A FURTHER TREND OF SOLAR ACTIVITY IS POSSIBLE

Volodymyr Efimenko – PhD, director of the Astronomical Observatory
Vsevolod Lozitskyi – D.Sc., Senior Research Fellow

The forecast of the amplitude of the 25th cycle of solar activity is considered, based on the analysis of data on the previous 24 solar cycles. The statistical relationship between the rate of increase in the number of sunspots in the phase of the growth curve and the amplitude at the maximum of the cycle is studied. It turns out that the outcome of the prediction depends on several initial assumptions, including which part of the growth curve is taken into account for the prediction, and whether all 24 cycles are taken into account or only the odd ones. The assumption of a monotonic or non-monotonic growth curve also plays an important role. Regarding the latter, the cluster analysis showed that until the 32nd month of the cycle, there are no visible signs of non-monotonicity in the growth curve, similar to the one in the

24th cycle. We conclude that the maximum smoothed number of sunspots in the 25th cycle $W_{max}(25)$, most likely, should be equal to 185 ± 18 units in the new system, which corresponds to the average power of the solar cycle, with the fulfillment of the Gnevyshev-Olya rule. With such parameters of this cycle, there are signs of approaching the deep minimum of the age cycle in the middle of the 21st century. This does not exclude the fact that this deep age minimum can occur suddenly and sharply immediately after the 25th day of the cycle, as it was, for example, in the Dalton minimum.

Key words: Sun, solar activity, number of sunspots, amplitude forecast of the 25th cycle, Gnevyshev-Olya rule, minimum of the age cycle.

LONG-TERM VARIATIONS OF MAGNETIC ACTIVITY OF THE SUN DURING THE HOLOCENE

Valery Krivodubskij – D. Sc., Senior Research Fellow

The main law of the evolution of the Earth's climate is the cyclical nature of global changes in the latter. One of the possible explanations for the cyclical nature of global climate changes is provided by the astrophysical model of fluctuations in the insolation of the Earth's surface by solar radiation. Modern climate change is mainly associated with variations in the magnetic activity of the Sun, one of the main proxies of which are sunspots. The decrease in the number of sunspots coincides with the epochs of cooling on the Earth, while during the maximum number of sunspots warming is observed. The paper reviews cosmogenic reconstructions of long-term variations in the Sun's magnetic activity (large minima and large maxima) during the Holocene (last 12,000 years). The accidental appearance of large minima and maxima can to some extent be reproduced by modern models of a turbulent dynamo with a stochastic drive.

An important key to studying the impact of solar activity variations on the Earth's climate is the Maunder minimum (late 17th century), during which extremely little sunspots were observed. Applying the method of analysis of rare events to these observations led researchers to conclude that the appearance of sunspots at the Maunder minimum was characterized by a weak amplitude of 22 years. The concept of continuity of magnetic cycles at this time is also confirmed by measurements of cosmogenic radionuclides in natural terrestrial archives. Therefore, today it is believed that during the Maunder minimum, the cyclic magnetic activity of the Sun did not stop, although the amplitude of the cycles was quite low.

In the $\alpha\Omega$ -dynamo model, this may be due to the fact that the magnitude of the magnetic induction of the toroidal field excited by radial differential rotation in the SCZ at this time did not reach the threshold value required for lifting magnetic power tubes on the solar surface (nonlinear dynamo mode).

A scenario for explaining the north-south asymmetry of magnetic activity during the Maunder minimum is proposed. A key role in the proposed scenario is played by the special nature of the internal rotation of the Sun, revealed as a result of helioseismological experiments.

The modern grand maximum of solar activity, which began in the 1940s, has ceased after solar cycle 23, and activity of the Sun seems to be returning to its normal moderate level.

Key words: global climate changes of the Earth, sunspot cycles, magnetic fields of the Sun, cosmogenic proxies of solar activity, Maunder minimum, modern grand maximum, solar dynamo.

Science now has at its disposal reliable facts that the Earth's climate has repeatedly undergone radical global changes over different periods of time. The main regularity of the evolution of the Earth's climate is the cyclical nature of its global changes. The most important element of the climate that affects its other characteristics, primarily the temperature, is the radiant energy of the Sun. One of the possible explanations for the cyclicity of global climate

changes is provided by an astrophysical model of fluctuations in the irradiation of the Earth's surface by solar radiation.

Modern climate changes are mainly associated with variations in the magnetic activity of the Sun, one of the main indices of which is sunspots. The decrease in the number of sunspots coincides with epochs of cooling on Earth, while during the maximum number of sunspots there is warming. This paper provides an overview of cosmogenic reconstructions of long-term changes in the Sun's magnetic activity (Grand minima and Grand maxima) during the Holocene (last 12,000 years).

Grand minima

Let's start by considering the Grand minima – periods of significant decrease in solar magnetic activity. An important key to studying the impact of variations in solar activity on the Earth's climate is the Maunder minimum (at the end of the 17th century) (Fig. 1), during which exceptionally few sunspots, carriers of a powerful global magnetic field, were observed.



Fig. 1. Variations in the activity of the Sun (mean annual Wolff numbers) during 1600–2000 according to observed sunspot data. A sharp weakening of solar activity in the periods 1645 –1715 and 1795 –1823 is commonly called the Maunder minimum and the Dalton minimum. The increase in activity in 1940–2000 is the modern high maximum [[https://uk.wikipedia.org/wiki/Solar activity](https://uk.wikipedia.org/wiki/Solar_activity)]

The global magnetic field of the Sun determines the distribution of the interplanetary magnetic field in the heliosphere and affects the formation of the Earth's magnetic field. Together, they play the role of a protective shield against the penetration of galactic and solar cosmic rays into the Earth's atmosphere. The general movement of the plasma of the solar wind outwards from the Sun tries to "push" galactic cosmic rays (GCR) out of the solar system back into interstellar space, where they came from. As a result, there is an inverse correlation between the intensity of the GCR and the power of the solar corpuscular radiation (solar activity). The weaker the magnetic fields of the sunspots, the higher the intensity of cosmic radiation near the Earth. The main markers (proxies) indicating the intensity of galactic cosmic rays are cosmogenic radionuclides beryllium ^{10}Be and carbon ^{14}C . Both radionuclides are formed in a very similar way in the Earth's atmosphere as a result of nuclear reactions of galactic cosmic ray particles with atmospheric nitrogen and oxygen [Masarik J., Beer J. An updated simulation of particle fluxes and cosmogenic nuclide production in the Earth's atmosphere// Journ. Geophys Res-Atmos. – 2009. – V.114. – D11103.]. The increase in cosmic radiation leads to an increase in the number of radionuclides ^{10}Be and ^{14}C in the Earth's atmosphere, since the rate of nuclear reactions of the formation of these radionuclides is directly related to the intensity of the GCR flow (which is modulated by magnetic fields in the heliosphere). In this regard, measurements of variations in the number of radionuclides provide a unique opportunity to reconstruct the history of cosmic radiation (galactic cosmic rays) over many millennia, which in turn reproduces variations in solar magnetic activity in the past. Therefore, measurements of radionuclides stored in terrestrial reservoirs (beryllium ^{10}Be in polar ice cores from Greenland and Antarctica, and

carbon ^{14}C in the form of CO_2 in annual tree rings) (Fig. 2) provide a unique opportunity to reconstruct the history of cosmic radiation (galactic cosmic rays) over many millennia, which in turn reproduces variations in solar magnetic activity in the past [Steinhilber F. et al. 9,400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings// Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2012. – V.109, No 16. – P.5967-5971].

In other words, the reconstruction of variations in the concentration of cosmogenic radionuclides indirectly reflects the variations of the protective helio-geomagnetic shield, which regulates the penetration of GCR into the Earth's atmosphere. Changes in the intensity of global magnetism cause variations in solar radiation, on which the insolation (and temperature) of the Earth's surface depends. Within the framework of the astrophysical model, the latter causes climate changes.

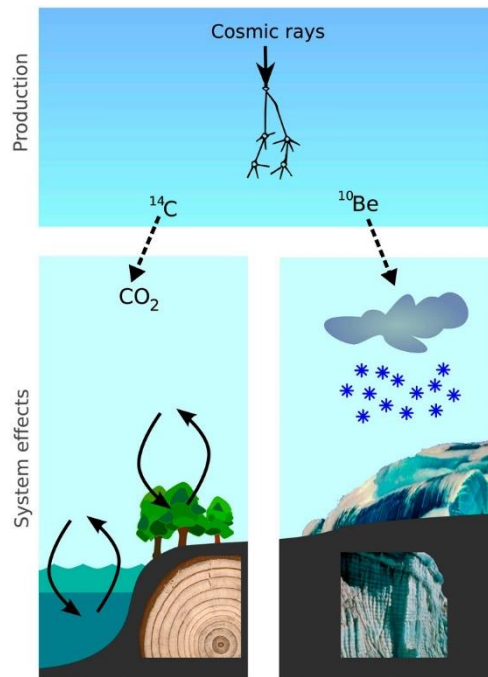


Fig. 2. Accumulation of radionuclides in terrestrial reservoirs: carbon ^{14}C in the form of CO_2 in annual tree rings and beryllium ^{10}Be in polar ice cores from Greenland and Antarctica

Measurements of variations in the content of cosmogenic radionuclides in the earth's archives led researchers to the conclusion that during the Maunder minimum, the cyclic magnetic activity of the Sun did not stop (Fig. 3), although the amplitude of the cycles was quite low.

Applying the method of rare event analysis to the observations of the sunspots led the researchers to the conclusion that the appearance of sunspots during the Maunder minimum is inherent in a weak 22-year cycle in amplitude. In the $\alpha\Omega$ dynamo model, this may be due to the fact that the magnitude of the magnetic induction of the toroidal field, excited by the radial differential rotation in the solar convection zone (SCZ), at that time did not reach the threshold value necessary for the floating of magnetic power tubes to the solar surface (non-linear dynamo mode).

Using the data of ^{14}C measurements in the growth rings of tree trunks, the authors [Usoskin I.G. et al. Astron. Astrophys. 2007] carried out a quantitative reconstruction of solar magnetic activity over the past 11,000 years, based on which a list of 27 Grand minima was compiled. Grand minima of magnetic activity, a racy representative of which is the Maunder minimum, are typical solar phenomena. The average duration of these minima is 70 years, but the distribution in length is bimodal. As a rule, minima are either short (30–90 years) in duration,

similar to the Maunder minimum, or quite long (>100 years), similar to the Spörer minimum. The total duration of the grand minima is about 1900 years, indicating that the Sun at its current evolutionary stage spends ~17% of its time in a quiescent state corresponding to grand minima.

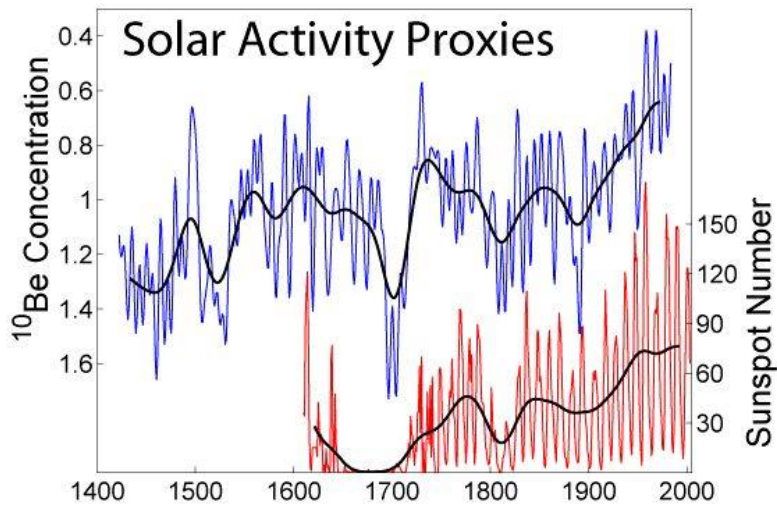


Fig. 3. Long-term variations of the Sun's magnetic activity during 1420–2000 based on data from observations of sunspots and isotopes of beryllium. The lower curve is the Wolf number (relative number of sunspots), which characterizes the intensity of spot formation. The upper curve is the concentration of the radionuclide beryllium ^{10}Be (relative units) in the polar ice cores, which serves as a marker of the intensity of the global magnetic field of the Sun. [F. Steinhilber, J.A. Abreu, J. Beer et al.// *Proceed. of the National Academy of Sciences.* – 2012. – V.109, No 16. – P.5967-5971]

The occurrence of Grand minima indicates that they do not appear periodically, but rather as a result of a chaotic process within clusters of magnetic activity manifestations separated by 2000–2500 years. Most researchers believe that the occurrence of Grand minima is a purely random process, for which the probability of Grand minimum occurring at any point in time is constant. Usoskin I. et al. in paper [Grand minima and maxima of solar activity: new observational constraints// *Astron. Astrophys.* – 2007. – V.471. – P.301–309] conducted a statistical analysis of the time of occurrence of Grand minima and concluded that their appearance is not the result of long-term cyclical changes, but is determined by stochastic processes. This means that an event can be random, but its probability is heterogeneous in time and depends on previous history. Such behavior can be interpreted as self-organized processes related to the accumulation and release of energy. The observed feature may be an artifact of small statistics (only 27 Grand minima), which makes this result only indicative, which requires further investigation in the future [Usoskin I.G. *Living Reviews in Solar Physics.* 2013; Moss D. et al. *Solar Phys.* 2008; Usoskin I.G. et al. *Solar Phys.* 2009].

North-south asymmetry of solar activity during the Maunder minimum

A very important feature of solar activity during the Maunder minimum was its strong north-south asymmetry, when sunspots were observed mainly only in the southern hemisphere of the Sun [Sokoloff D.D., E. Nesme-Ribes. *Astron. Astrophys.* 1994]. We proposed a scenario to explain the north-south asymmetry of magnetic activity (the number of observed sunspots) during the Maunder minimum. A key role in the proposed scenario is played by the special nature of the internal rotation of the Sun, revealed as a result of helioseismological experiments. According to the data of helioseismology [Howe R. *Solar interior rotation and its variation*// *Living Rev. Sol. Phys.* – 2009. – V.6 (1). – P. 1-75], the SCZ is naturally divided into

polar and equatorial domains with opposite signs of the radial gradient angular velocity parameter $\partial\Omega/\partial r$. In view of this, different regimes of differential rotation must obviously have a certain influence on the processes of magnetic excitation in the specified areas of the Sun. Fig. 4 shows the structure of the poloidal magnetic field excited within the framework of the $\alpha\Omega$ dynamo, which we built on the basis of physical characteristics taken from M. Stix's solar convection zone model [Stix M. The Sun: An Introduction – 2nd ed. – Berlin: Springer-Verlag. – 2002].

The north-south asymmetry of the distribution of the surface (background) magnetic field (left hemisphere) is clearly visible, caused by the exit of the lines of force of the deep poloidal field to the solar surface: in the northern hemisphere there are three latitudinal zones with interspersed signs of magnetic polarity, while in the southern hemisphere there are only two zones with opposite signs of polarity, since the directions of the lines of force of the dipole and quadrupole coincide here at mid-latitudes. Differential rotation, acting on the indicated harmonics of the poloidal field, excites dipole and quadrupole harmonics of the toroidal field, respectively.

The dominant harmonics of each type play a specific role in the magnetic cycle scenario. For a longer period of time, the cycles are usually ruled by the dipole, which is responsible for the north-south ratio of the signs of the magnetic poles of the global field, which is described by Hale's law [Hale G.E., Nicholson S.B. The law of Sun-spot polarity// Astrophys. Journ. – 1925. – V.62. – P.270-300].

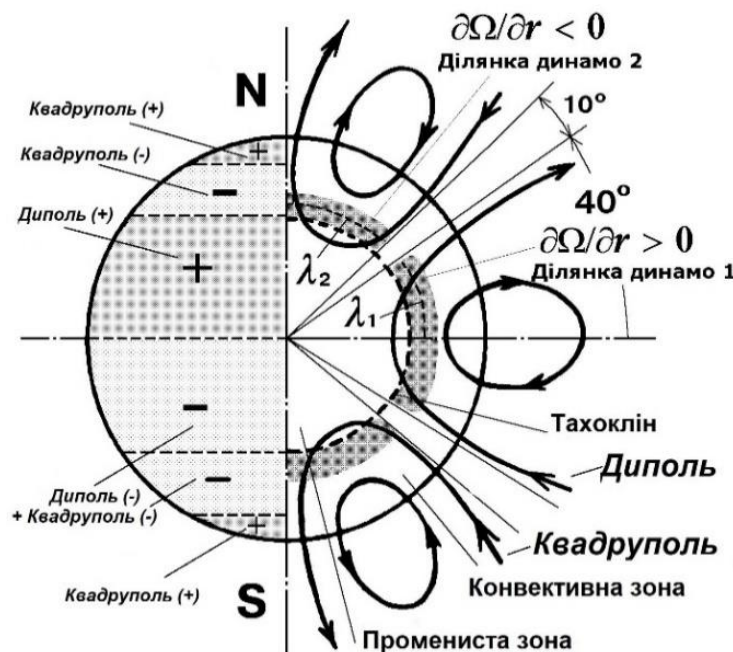


Fig. 4. The structure of the global poloidal field (dipole and quadrupole modes) excited by the $\alpha\Omega$ -dynamo mechanism in the SCZ in the vicinity of the tachocline section near the epoch of the maximum activity of the 23rd cycle. Right hemisphere: magnetic field lines of dipole ($\theta^* < 40^\circ$, $\partial\Omega/\partial r > 0$, dynamo section 1) and quadrupole ($\theta^* > 50^\circ$, $\partial\Omega/\partial r < 0$, dynamo section 2), λ_1 , λ_2 – meridional extent of generation areas. Left hemisphere: latitudinal zones with positive (+) and negative (-) magnetic polarity of the surface (background) field, which correspond to deep magnetic structures

However, when approaching the moment of sign change (reversal) of polar magnetism, favorable conditions are created for the excitation of a quadrupole against the background of a fading dipole. The quadrupole dynamo-harmonic of the toroidal field gives rise to a small

number of bipolar groups of spots with the "wrong polarity" of spots. We believe that during the Maunder minimum, the quadrupole dynamo-harmonic of the toroidal field prevailed, which led to an increase in the number of sunspots in the southern hemisphere of the Sun.

Grand maxima

Let's move on to the consideration of Grand maxima. The last decades have been a period of very active Sun, with an unprecedentedly high level of solar activity in the last few centuries covered by direct solar observations. The number of sunspots increased rapidly between 1900 and 1940, with the average number of sunspots more than doubling, and remained at this high level until recently [Usoskin I.G. A history of solar activity over Millennia// Living Reviews in Solar Physics. – 2013. – V.10. – P.1-94]. The average number of sunspot groups for 1750–1900 was 35 ± 9 , while in 1950–2000 it was at a high of 75 ± 3 . Therefore, the current episode of the active Sun, which began in the 1940s, can be considered as a Grand maximum of SA (Fig. 5).

However, after a very weak solar minimum in 2008–2009, we can confidently say that solar activity is returning to its normal moderate level or perhaps even to a low activity stage [Usoskin I.G. Living Reviews in Solar Physics. 2013]. And thus, the episode of high solar activity known as the modern Grand maximum *appears to have ended*. Although researchers generally perceive the current episode of active Sun as a special phenomenon, and the question of whether such a high solar activity is typical or something extraordinary is a matter of debate.

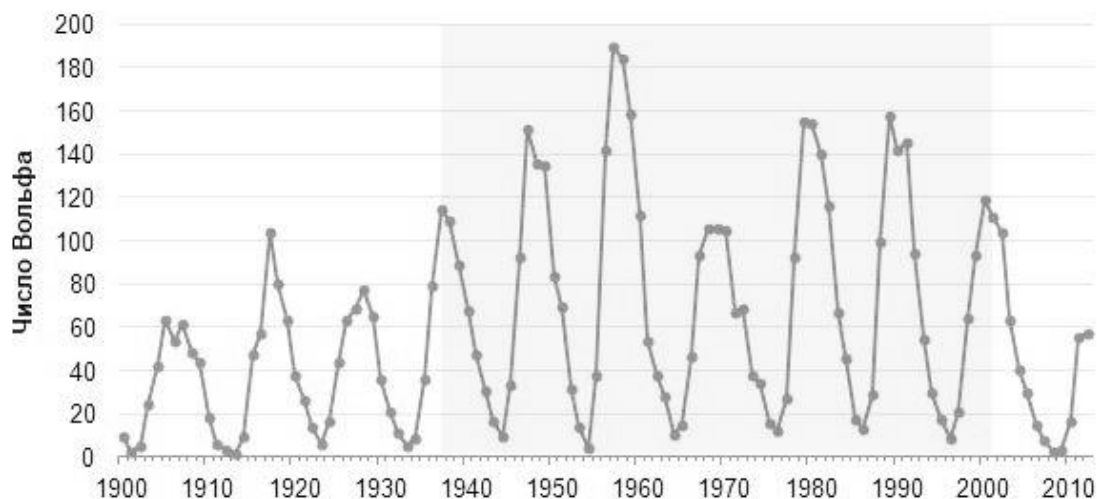


Fig. 5. Temporal cyclic variations of solar activity (smoothed annual average Wolff numbers) for 1900–2012. The increase in solar activity from 1940 to 2000 (shaded part of the figure) is commonly called the modern Grand maximum [https://uk.wikipedia.org/wiki/Solar_cyclicity]

The question of how often episodes of high maxima occur and how strong they are cannot be studied with a 400-year series of direct observations. Therefore, quantitative analysis is only possible using long-term cosmogenic radioisotope records. As a result of the analysis of the solar activity series reconstructed from the data of ^{10}Be and ^{14}C [S.K.Solanki et al. Nature. 2004] measurements, it was established that the previous similar burst of activity occurred approximately *8 millennia ago*. Based on this, it was concluded that the current burst of activity is a very rare event [Usoskin I.G. A history of solar activity over Millennia// Living Reviews in Solar Physics. – 2013. – V.10. – P.1-94]. In connection with this, the search for slightly smaller amplitude bursts of activity becomes relevant. In paper [Usoskin I.G. Living Reviews in Solar Physics. 2013] a list of bursts of activity determined using the data of cosmogenic measurements of ^{14}C for the last 11,400 years, when the number of sunspot groups in 50 years consistently

exceeded 50, was considered. A total of 19 such Grand maxima were identified with a total duration of about 1030 years, which indicates about the Sun being in a heightened active state for about 10% of the time.

Statistical analysis of the time of occurrence of Grand maxima shows that they do not follow long-term cyclical variations, but, like Grand minima, are determined by stochastic processes. Most of the reconstructed major maxima (about 75%) were not longer than 50 years, and only four major maxima (including the present one) were longer than 70 years [Barnard L. et al. Predicting space climate change// Geophys. Res. Lett. – 2011. – V.38. – L16103.– 6 p.]. This indicates that the probability of the continuation of the current episode of the active Sun is low [S.K.Solanki et al. Nature. 2004; J.A.Abreu et al. Geophys. Res. Lett. 2008]. Although, as noted in paper [Usoskin I.G. Living Reviews in Solar Physics. 2013] this is not a forecast of future solar activity, but only a statistical estimate.

Fig. 6 shows the long-term cyclic variations of the Sun's magnetic activity during the last millennium, determined by measurements of the ^{14}C radionuclide concentration in the annual growth rings of tree trunks.



Fig. 6. Long-term cyclic variations of the δ -concentration of the radionuclide ^{14}C (in relative units per mille based on measurements in annual tree rings), which serves as a marker of the intensity of the global magnetic field of the Sun during the period 900–2000 [https://uk.wikipedia.org/wiki/Solar_cyclicity]

Conclusions

Thus, studies of several decades proved that during the last post-glacial period in the Earth's history (the Holocene lasting ≈ 11.7 thousand years), the Sun spent about 70% of its time in a normal state characterized by average solar activity.

However, about 15–20% of the time the Sun experiences a Grand minimum, while $\sim 10\%$ of the time is occupied by periods of Grand maxima.

Features of the long-term observed unusual changes in the time of the magnetic activity of the Sun serve as a challenge for the developers of theoretical models of the solar dynamo.

The random appearance of Grand minima and Grand maxima can to some extent be reproduced by modern models of turbulent dynamo with stochastic drive, but some problems still remain and await their solution in the future.

ДОВГОТРИВАЛІ ВАРІАЦІЇ МАГНІТНОЇ АКТИВНОСТІ СОНЦЯ ВПРОДОВЖ ГОЛОЦЕНУ

Валерій Криводубський – д-р фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник

Основною закономірністю еволюції клімату Землі є циклічність глобальних змін останнього. Одне із можливих пояснень циклічності глобальних змін клімату надає астрофізична модель коливаний опромінення поверхні Землі сонячною радіацією. Сучасні зміни клімату пов'язані

переважно з варіаціями магнітної активності Сонця, одним з основних індексів якої є сонячні плями. Зменшення кількості сонячних плям збігається з епохами похолодання на Землі, тоді як під час максимальної кількості плям спостерігається потепління. У статті зроблено огляд космогенних реконструкцій довготривалих змін магнітної активності Сонця (великі мінімуми та великі максимуми) протягом голоцену (останні 12 000 років). Випадкова поява великих мінімумів і максимумів певною мірою може бути відтворена сучасними моделями турбулентного динамо зі стохастичним приводом.

Важливим ключем до вивчення впливу варіацій сонячної активності на клімат Землі є мінімум Маундера (наприкінці XVII ст.), під час якого спостерігалось винятково мало сонячних плям. Застосування методу аналізу рідкісних подій до цих спостережень привело дослідників до висновку, що появі сонячних плям під час мінімуму Маундера притаманний слабкий за амплітудою 22-річний цикл. Концепція безперервності магнітних циклів у цей час підтверджується також вимірюваннями космогенних радіонуклідів у природних земних архівах. Тому нині прийнято вважати, що під час мінімуму Маундера циклічна магнітна активність Сонця не припинялася, хоча амплітуда циклів була досить низькою.

У моделі $\alpha\Omega$ -динамо це може бути пов'язано з тим, що магнітна індукція тороїдального поля, збудженого радіальним диференціальним обертанням у СКЗ, у цей час не досягала порогового значення, необхідного для спливання магнітних силових трубок на сонячну поверхню (нелінійний режим динамо).

Запропоновано сценарій пояснення північно-південної асиметрії магнітної активності під час мінімуму Маундера. Ключову роль у запропонованому сценарії відіграє особливий режим внутрішнього обертання Сонця, виявлений у результаті геліосейсмологічних експериментів.

Сучасний великий максимум активності Сонця, який почався в 1940-х рр., припинився після 23-го сонячного циклу, і активність Сонця, здається, повертається до свого нормального помірного рівня.

Ключові слова: глобальні зміни клімату Землі, цикли сонячних плям, магнітні поля Сонця, космогенні маркери сонячної активності, мінімум Маундера, сучасний високий максимум, сонячне динамо.

РЕЗУЛЬТАТИ ОПТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ АКТИВНОГО ЯДРА ГАЛАКТИКИ MARKARIAN 501

Василь Пономаренко – канд. фіз.-мат. наук, наук. співробітник;

Андрій Сімон – методист НЦ МАН України, заслужений вчитель України;

Володимир Василенко – методист НЦ МАН України;

Катерина Куліш – студентка магістратури Comenius University in Bratislava.

У статті представлено результати спостережень і досліджень АЯГ типу VL Lacertae – Markarian 501. Спостереження були виконані за допомогою телескопа-рефлектора АЗТ-8 ($D = 0.70$ м, $F = 2.8$ м) спостережної станції у с. Лісники Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка протягом 2018-2020 років. Телескоп АЗТ-8 був обладнаний ПЗЗ-камерою PL4710-1-BB-E2V та широкосмуговими фільтрами UBVR1 системи Джонсона-Бесселя.

Над файлами були виконані всі базові редуції. Потіки енергії від Markarian 501 були перетворені у видимі зоряні величини за допомогою фотометричних зір-стандартів. Криві зміни блиску за період спостережень були побудовані, коливання блиску були виявлені у фільтрах BVRI. На їх основі було досліджено показники кольору.

Ключові слова: активне ядро галактики, фотометрія, оптичні спостереження, зміни блиску, UBVR-фільтри.

Вступ. Блазари є одним з імовірних джерел космічних променів гранично високих енергій (КПГВЕ). Розрізняють два типи блазарів: об'єкти VL Lacertae (VL Lac), що характеризуються наявністю беземісійних оптичних спектрів та об'єкти з окремими

лініями випромінювання, так звані радіоквазари з плоским спектром (FSRQ). Блазари показують змінність практично на всіх довжинах хвиль від радіодіапазону до гамма-променів із часом коливань від декількох секунд до років і навіть десятків років [1].

Ми презентуємо результати фотометричних спостережень та досліджень АЯГ Markarian 501 у фільтрах B, V, R та I системи Джонсона-Бесселя. Спостереження були отримані протягом 2018-2020 років за допомогою телескопа-рефлектора АЗТ-8 ($D = 0,7$ м; $F = 2.8$ м; ПЗЗ-камера PL4710-1-BB-E2V) спостережної станції Лісники Київського національного університету імені Тараса Шевченка [1].

Під час обробки над спостережним матеріалом були виконані всі базові редукції: віднімався електронний шум (bias) і темновий струм (dark) ПЗЗ-камери, враховувалися особливості накопичення енергії поверхнею камери (flat-field). Отримані потоки енергії від досліджуваного об'єкта були перетворені у видимі зоряні величини за допомогою фотометричних зір-стандартів. Криві блиску для АЯГ Markarian 501 були побудовані та досліджені на змінність видимої зоряної величини протягом усього періоду спостережень. Побудовано та проаналізовано змінність показників кольору з часом.

Методика спостережень та обробки даних. Оптичні фотометричні спостереження АЯГ Mrk 501 були проведені з 2018 року по 2020 рік. Оскільки нам не потрібно була висока просторова роздільна здатність, фотометричні спостереження проводилися з біннінгом 2×2 (складанням сигналу з 2 точок в 1 по вертикалі і горизонталі ПЗЗ-камери) у BVRI фільтрах. Застосовувалися стандартні процедури первинної обробки отриманих зображень, включаючи врахування шуму зчитування (Bias), темного струму (Dark) і варіацій чутливості пікселів ПЗЗ (Flat). З метою збільшення відношення сигнал/шум (S/N) для АЯГ і зір порівняння, сумувалися 3-10 кадрів зображення з експозиціями 15-120 с на кожен з фільтрів. Для перетворення накопиченого сигналу у видиму зоряну величину об'єктів використовуються 5-10 стандартних зір порівняння в полі об'єкта. ПЗЗ-фотометрія зір порівняння у фільтрах BVRI детально описана у циклі робіт [2 - 4]. Для пошуку змінності протягом доби (IDV), у фільтрах R та I, з експозиціями 15-60 секунд, здійснювався моніторинг об'єкта протягом декількох годин. Для блазара Mrk 501 похибкою між ночами спостережень прийнято σ – середнє квадратичне відхилення поділене на \sqrt{n} – кількості просумованих груп кадрів з виконаними базовими редукціями (тобто середньоквадратичне відхилення середнього арифметичного). Довірчим інтервалом ϵ (σ/\sqrt{n}) помножене на коефіцієнт Стюдента (коефіцієнт було взято для точності 95%). Теоретичні розрахунки довірчих інтервалів були перевірені шляхом неодноразового фотометрування однієї зорі-стандарту за допомогою інших зір. У межах однієї ночі змінність об'єкта спостереження виявляли за допомогою «змінності» зір-стандартів ідентичного блиску. Для цього обчислювали довірчий інтервал 95% для коливань блиску зорі-стандарту і застосовували його до АЯГ. Для спостережень виконаних у 2018 році наша загальна похибка, після виконання всіх редукцій не перевищувала 0.1^m зоряної величини. У зв'язку із розгерметизацією камери на АЗТ-8, з другої половини 2019 року похибки зросли вдвічі (до 0.2^m). Основний вклад вносила випадкова похибка, оскільки систематична була мінімізована при виконанні базових редукцій. Для обробки спостережного матеріалу використовувалося програмне середовище «MaxIm DL».

Результати аналізу оптичних спостережень Mrk 501. Блазар Markarian 501 був відкритий у 1974 році. Протягом спостережень об'єкт показав одну з найвищих активностей в гамма-діапазоні [5], але кореляція з видимим діапазоном не є надто високою. З рисунку 1 видно, що яскравість об'єкта варіюється в діапазоні $\approx 0.3^m$ протягом усього періоду спостережень і досягає максимуму в 13^m у 2016 році. Причина відносно невисокої змінності в оптичному діапазоні полягає в тому, що вклад АЯГ в блиск Mrk 501 складає лише 13.3% [6].

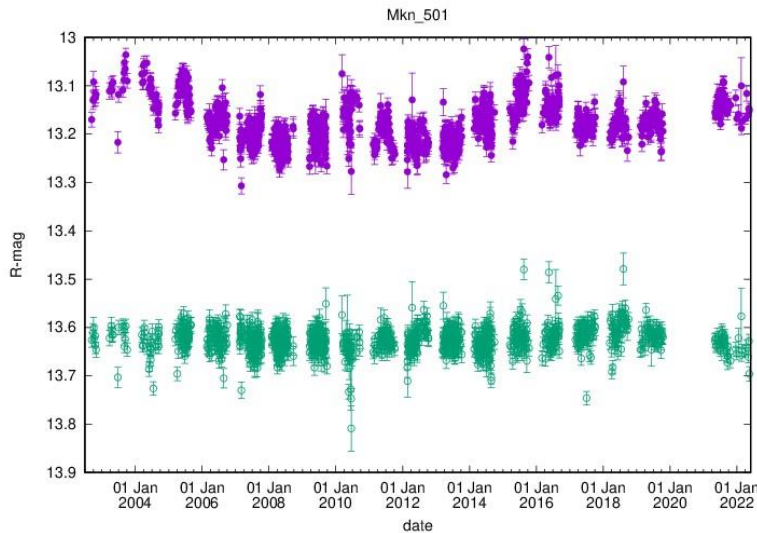


Рис. 1. Змінність Mrk 501 протягом 2003-2022 років [7]

Для об'єкта спостережень виявлено коливання блиску впродовж 2018-2020 рр. з амплітудою до 1^m у фільтрах BVRI системи Джонсона-Бесселя.

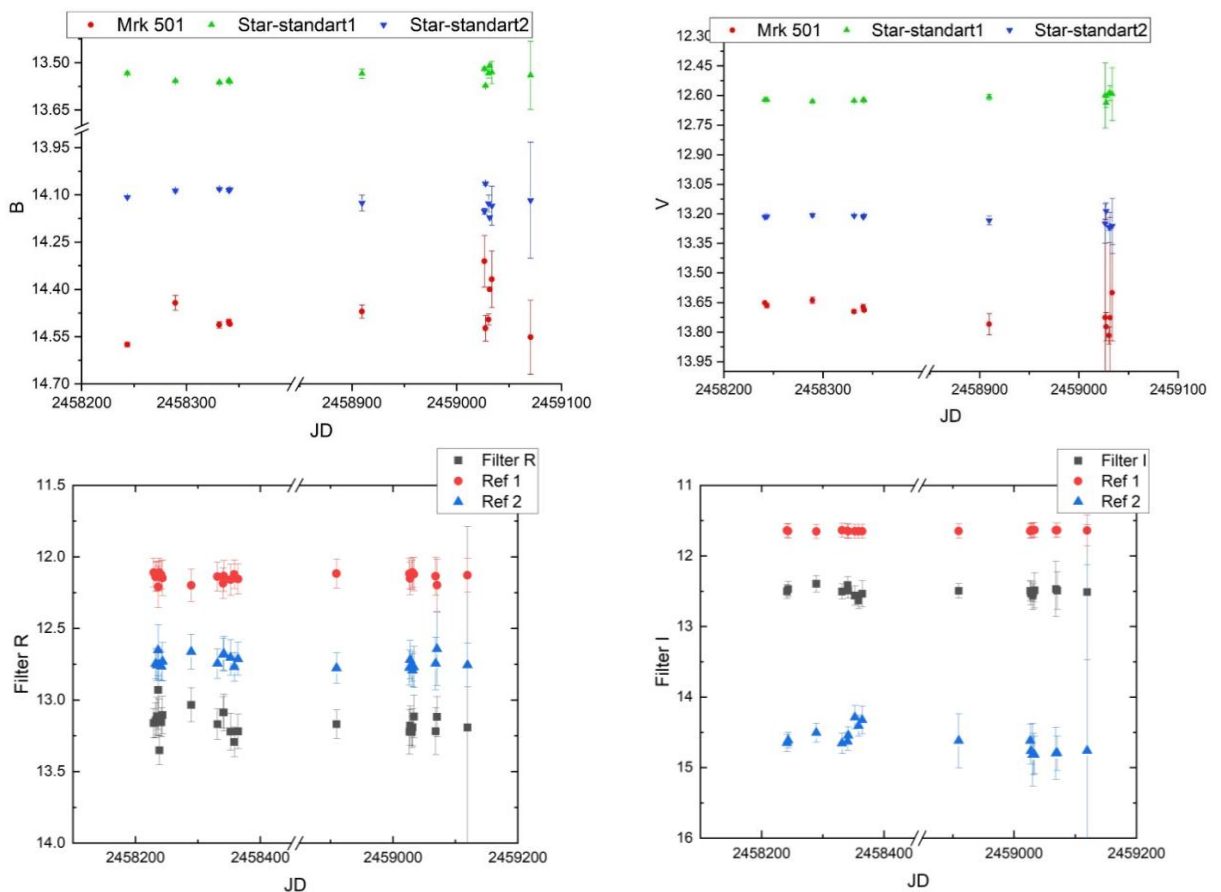


Рис. 2. Змінність Mrk 501 у фільтрах BVRI

Оскільки зміни оптичного потоку у блазарах часто супроводжуються спектральними змінами, вивчення взаємозв'язку між показником кольору і блиском джерела є корисним інструментом для розуміння походження змінності блазарів. Це дозволяє визначити з якої області (акреційного диску або джета) йде основний потік випромінювання. Для цього ми також аналізували співвідношення колір-блиск.

З рис. 2 у фільтрі V бачимо короткотривале зростання блиску понад 0.1^m у червні-липні 2018 року. Також спостерігаємо коливання блиску на $\approx 0.2^m$ у липні 2020 року та середнє зростання блиску протягом 2020 року на $\approx 0.1^m$ порівняно з 2018 роком. Зростання величини похибок пов'язане із технічним станом і зміною температурного режиму CCD-камери, що зумовило зменшення відношення сигнал/шум. З кривої зміни блиску у фільтрі V бачимо спадання блиску АЯГ на понад 0.1^m . Це трапилося у серпні 2018 р. порівняно з липнем 2018 року. Також можемо бачити коливання блиску на $\approx 0.2^m$ у липні 2020 року. З кривої зміни блиску у фільтрі R бачимо спадання блиску АЯГ на понад 0.1^m , що трапилося у серпні 2018 р. у порівнянні з липнем 2018 року. З кривої зміни блиску у фільтрі I бачимо спадання блиску АЯГ на понад 0.1^m . Це трапилося у серпні 2018 р. порівняно із липнем 2018 року. Зміни блиску АЯГ протягом 2018 року синхронно повторюються у всіх застосованих фільтрах (BVRI).

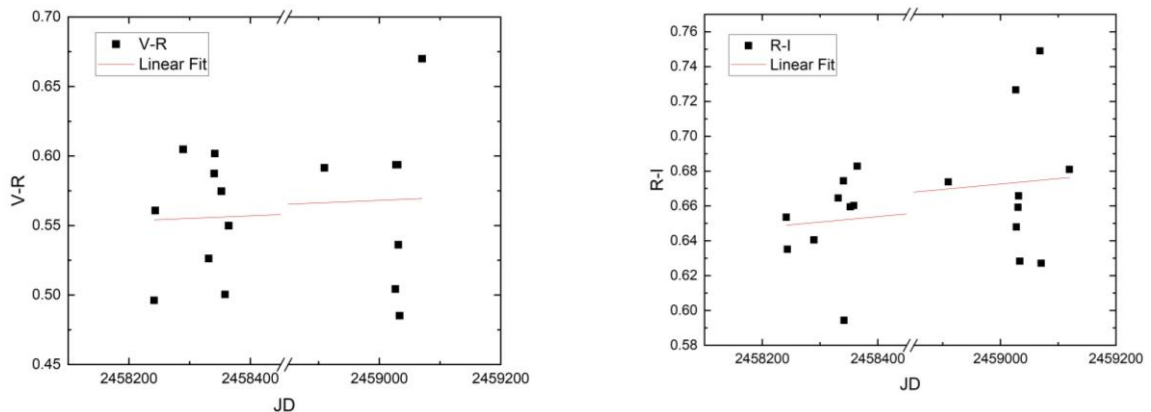


Рис. 3. Зміна індексів кольору V-R та R-I протягом періоду спостережень

З рис. 3 ми можемо бачити значне почервоніння блазара протягом періоду спостережень. Показник кольору V-R вказує на незначне послаблення активності Mrk 501 у 2020 році. Схожа ситуація і з показником кольору R-I. Ці результати також підтверджуються даними інших авторів [7], що приведені на рис. 1.

Незначна зміна показників кольору $(V-R)/V$ та $(R-I)/R$ на рис. 4 також підтверджує слабку активність блазара Mrk 501 протягом періоду спостережень.

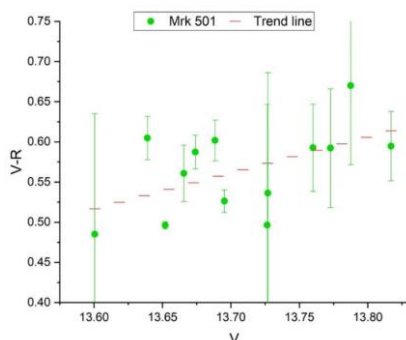


Рис. 4. – Зміна показників кольору $(V-R)/V$ та $(R-I)/R$ у 2018-2020 рр.

Отже, для АЯГ Markarian 501 в основному спостерігалось невелике почервоніння впродовж періоду спостережень (2018-2020 рр.). Це співпадає зі зменшенням блиску об'єкта у 2019-2020 роках і можна пояснити зростанням відносного внеску теплового випромінювання у загальний потік.

Висновки. На основі сласних фотометричних спостережень АЯГ Mrk 501 в оптичному діапазоні, виявлено зміни блиску у фільтрах BVRI (до $0,3^m$), проаналізовано

механізми коливань блиску та показники кольору цього блазара. Для АЯГ Markarian 501 в основному спостерігалось невелике почервоніння впродовж періоду спостережень (2018-2020 рр.). Це співпадає зі зменшенням блиску об'єкта у 2019-2020 роках і можна пояснити зростанням відносного внеску теплового випромінювання у загальний потік.

Список використаних джерел:

1. Пономаренко В., Сімон А., Василенко В., Ізвєкова І., Баранський О. Результати фотометричного оптичного моніторингу чотирьох активних ядер галактик у 2018-2019 роках. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Астрономія. 2019. №. 59. с. 48-55.
2. Doroshenko V.T., Efimov Y.S., Borman G.A., Pulatova N.G. BVRI CCD-Photometry of Comparison Stars in the Fields of Galaxies with Active Nuclei. Astrophysics. 2014. 57. № 2. С. 176-196.
3. Doroshenko V.T., Efimov Y.S., Borman G.A., Pulatova N.G. BVRI CCD-Photometry of Comparison Stars in the Fields of Galaxies with Active Nuclei. VI. Astrophysics. 2014. 57. № 1. С. 30-49.
4. Doroshenko V.T., Sergeev S.G., Efimov Y.S., Borman G.A., Okhmat D.N., Pulatova N.G., Nazarov S.V. BVRI CCD-Photometry of comparison stars in the fields of galaxies with active nuclei. V. Astrophysics. 2013. 56. № 3. С. 343-358.
5. Acciari V.A., Arlen T., Aune T., et al. Spectral energy distribution of Markarian 501: Quiescent state versus extreme outburst. The Astrophysical Journal, 729(1), p. 2, 2011.
6. Feng H.C., Liu H.T., Zhao Y.H., et al. ir/i-band host galaxy contamination of TeV/i-ray blazar mrk 501: effects of aperture size and seeing. Research in Astronomy and Astrophysics, 18(2), p. 021, 2018.
7. Tuorla Observatory blazar monitoring Optical light curves. [Електронний ресурс] // [сайт] URL: <https://users.utu.fi/kani/1m/index.html>.

OPTICAL MONITORING RESULTS OF ACTIVE GALACTIC NUCLEUS MARKARIAN 501

Vasyl Ponomarenko – PhD, Senior Research Fellow

Andrew Simon – methodologist of the National Academy of Sciences of Ukraine, honored teacher of Ukraine

Volodymyr Vasylenko – methodologist of the National Academy of Sciences of Ukraine

Kateryna Kulish – master's student at Comenius University in Bratislava

Hereby we present the results of photometric observations and research AGN Markarian 501. The observations were performed with the AZT-8 ($D = 0.70$ m, $F = 2.8$ m) telescope of the observation station Lisnyky of Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv during 2018-2020. The AZT-8 equipped with the PL4710-1-BB-E2V CCD and broadband Johnson/Bessel UBVR filters system.

The substrate (bias), dark current, flat-field were taken into account during processing. The fluxes of energy from the object of research with the help of standard stars have been turned into visible stellar magnitudes. The light curves over the observation period were plotted. Variability of brightness in BVRI filters was detected. Color indexes were also studied.

Keywords: active galaxy nuclei (AGN), photometry, optical observations, changes of brightness, UBVR-filters.

ДОПОВНЕННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ АЕРОЗОЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ АТМОСФЕРИ ЗА ДАНИМИ СПЕКТРАЛЬНИХ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ НЕБА

Олександр Овсак – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Запропоновано доповнити алгоритми методу відновлення параметрів основних аерозольних мод у земній атмосфері розширенням діапазону значень параметрів

аерозольних часток грубодисперсної моди. В результаті, зростає інформативність масивів значень середньоквадратичного відхилення обчислених фазових залежностей ступеню лінійної поляризації світла, розсіяного модельним газом–аерозольним середовищем від даних вимірювань поляризаційних характеристик неба. Отримані залежності дозволяють вже на перших етапах аналізу виявити ймовірну кількість основних аерозольних мод, присутніх в досліджуваній атмосфері й зробити попередню оцінку значень параметрів часток основної грубодисперсної моди аерозолю та параметра відносного вкладу молекулярного розсіяння в атмосфері. З використанням доповнення алгоритмів методу, виконано аналіз даних спектральних фазових поляриметричних вимірювань неба над позицією ГАО, Київ (Україна) та над позицією CESAR (Нідерланди).

Ключові слова: атмосфера, ступінь лінійної поляризації, аерозоль, відновлення параметрів, моди.

У роботі [3] запропоновано метод виявлення ознак багатомодовості аерозольної компоненти в атмосфері досліджуваної ділянки неба. Метод дозволяє відновити мікрофізичні параметри аерозольних часток, включно з їх функцією розподілу за розмірами, оцінити кількісне співвідношення основних аерозольних мод в атмосфері та уточнити її загальні спектральні параметри. Для аналізу використовуються дані вимірювань спектральних фазових значень $P(\alpha, \lambda)$ ступеню лінійної поляризації (*DoLP*) сонячного світла, яке розсіюється ділянкою безхмарного неба без впливу на нього розсіювання від земної поверхні та сторонніх предметів (тут α – кут розсіяння сонячного світла, λ – довжина хвилі). Досліджувана атмосфера представляється модельною однорідною газом–аерозольною сумішшю, аерозольна компонента якої є композицією мультидисперсних ансамблів сферичних аерозольних часток з нормально–логіфічним розподілом за розмірами (мод). Мікрофізичні параметри аерозольних часток у кожній з мод можуть приймати визначені, фізично допустимі значення. В алгоритмі аналізу застосовується послідовний підбір величини кожного з параметрів чергової досліджуваної моди, при фіксованих значеннях усіх інших її параметрів, а також параметрів інших, вже визначених мод. Ціллю аналізу є виявлення загальної кількості та відновлення значень параметрів основних аерозольних мод, які формують такі поляризаційні характеристики розсіяння світла модельного середовища, що є найбільш близькими до спектральних фазових залежностей *DoLP* світла, розсіяного досліджуваною ділянкою неба. Для цього виконується мінімізація функції *RMSD* (Root Mean Square Deviation, https://en.wikipedia.org/wiki/Root-mean-square_deviation), що обчислюється, як середньоквадратична сума похибок між виміряними та обчисленими для модельного газом–аерозольного середовища спектральними фазовими значеннями *DoLP*:

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (P_{meas}(\alpha_i, \lambda) - P_{mod}(\alpha_i, \lambda))^2}, \quad (1)$$

де $P_{meas}(\alpha_i, \lambda), P_{mod}(\alpha_i, \lambda)$ – виміряні та обчислені спектральні величини *DoLP* при кожному з N кутів вимірювань α_i , відповідно. Величини $P_{mod}(\alpha_i, \lambda)$ розраховуються з урахуванням сумарного вкладу величин *DoLP* газової та аерозольної компонент атмосфери.

Наші подальші дослідження показали, що представлений у [3] алгоритм аналізу даних вимірювань величини *DoLP* ділянки неба в припущенні одномодової аерозольної складової атмосферного середовища можна доповнити обчисленнями значень функції *RMSD* у більш розширеному діапазоні величин безрозмірного параметра M_i аерозольних часток ($\ln \rho$) та з використанням набору фізично допустимих значень дійсної частини показника заломлення часток Nr . Побудовані графічно результати таких обчислень

надають можливість виявити ймовірну кількість основних аерозольних мод у атмосферному середовищі досліджуваної ділянки неба та попередньо оцінити розміри й природу часток основних грубодисперсних мод.

На Рис.1 приведені результати обчислень залежності функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ при одномодовій аерозольній складовій модельного середовища, отримані з використанням даних вимірювань 18 квітня фазової залежності $DoLP$ неба на довжині хвилі 578 нм [1]. Тут проаналізований діапазон значень параметра $\ln \rho_1$ $[-2.0...5.0]$, при кроковій зміні параметра Nr у діапазоні $[1.4...1.6]$. Для мінімізації функції $RMSD$ виконано підбір оптимального спектрального значення параметра $\beta_{pick}(578nm)$. Як бачимо, розраховані при різних значеннях параметра Nr залежності функції $RMSD$ мають дві області мінімумів, що вказує на ймовірну присутність в досліджуваній ділянці неба двох основних мод, а саме грубодисперсної (coarse) моди 1 з параметром $\ln \rho_1(578)$ у діапазоні значень $[3.8...4.8]$ та дрібнодисперсної (fine) моди 2 з параметром $\ln \rho_2(578) < 1.5$. Область моди 1 мінімальних значень функції $RMSD$ визначається наступними її параметрами: $Nr = 1.45, \ln \rho_1 \approx 4.1...4.5$ при $\beta(578nm) = 0.72$. Слід відзначити, що ці параметри часток грубодисперсної моди повторюють результати робіт [2, 3].

Рис.2 показує результати аналізу даних вимірювань 26 квітня $DoLP$ неба на довжині хвилі світла 578 нм [1]. Тут отримані залежності функції $RMSD$ від параметру $\ln \rho_1$ у діапазоні його значень $[0.0...6.0]$, при зміні параметра Nr у діапазоні значень $[1.43...1.46]$. Відмітимо, що підібраний нами параметр $\beta_{pick}(578nm) = Beta = 0.65$ відрізняється від значення $\beta_{pick}(578nm) = 0.72$, отриманого за даними вимірювань 18 квітня. Крім того, на залежностях функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ спостерігаються ознаки ймовірної присутності трьох основних мод.

$RMSD$

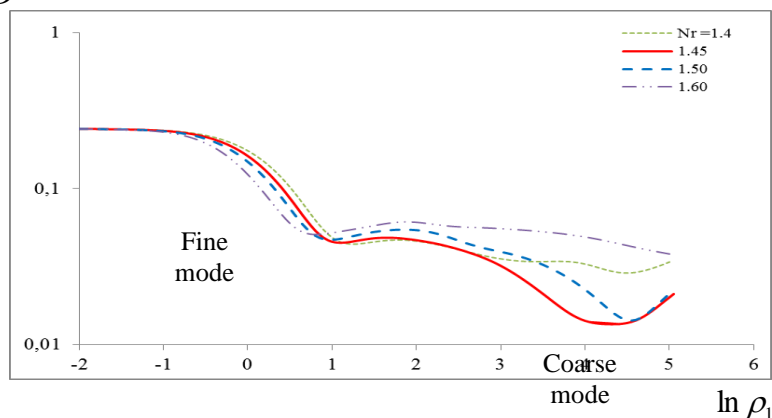
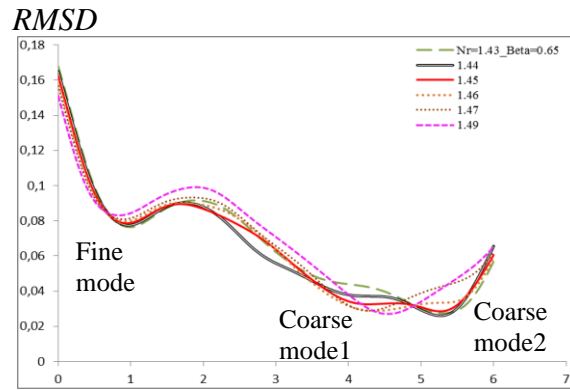


Рис. 1. Залежності функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ при зміні значень параметра Nr . Підписані області існування основних мод аерозолю. Обчислено за даними вимірювань 18 квітня $DoLP$ неба над позицією ГАО, Київ (Україна) [1]

Найчіткіше ці ознаки виявляються при значеннях параметра $Nr = 1.44$ та $Nr = 1.45$. Таким чином, над досліджуваною позицією, станом на 26 квітня ймовірна присутність в аерозольній компоненті атмосфери двох грубодисперсних мод з параметром $\ln \rho$ їх часток у діапазоні значень $(3.8...4.7)$ та $(5.0...5.7)$, а також дрібнодисперсної моди з параметром $\ln \rho < 1.5$. Отже, при подальшому аналізі даних вимірювань 26 квітня необхідно у модельній аерозольній компоненті врахувати ще одну грубодисперсну моду 3 й за алгоритмами методу визначити її параметри.



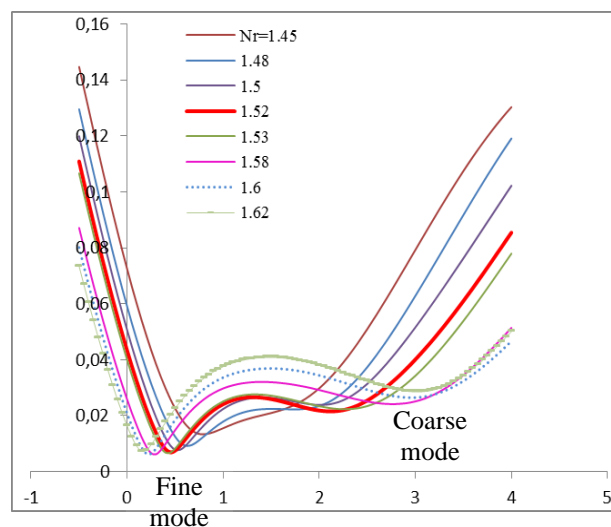
$\ln \rho_1$

Рис.2. Те ж саме, що й на Рис.1, але для даних вимірювань 26 квітня [1]

В роботі [4] приведені результати вимірювань фазової залежності величини $DoLP$ неба, отримані 9 липня 2013 р. над позицією Cabauw Experimental Site for Atmospheric Research (Нідерланди) (далі по тексту CESAR) з використанням спеціально розробленої для наземного використання моделі спектрополяриметра SPEX. Через відсутність табличних даних, ми виконали оцифрування графіків з цієї роботи за допомогою програмного забезпечення Graph2Digit 0.7.1b (<https://soft.mydiv.net/win/download-Graph2Digit.html>).

На рис. 3 приведені залежності функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ у діапазоні його значень $[-0.5 \dots 4.0]$ при зміні величини параметра $Nr = n_{r1}$ у діапазоні $[1.45 \dots 1.62]$, розраховані за даними вимірювань $DoLP$ неба на довжині хвилі 870 нм [4]. Як бачимо, над позицією CESAR виявляються ознаки присутності двох основних аерозольних мод. В області існування грубодисперсної моди функція $RMSD$ набуває мінімальних значень при $Nr = 1.52$ та значенні параметру $\ln \rho_1(870 \text{ nm})$ у діапазоні $(2.0 \dots 2.2)$. Перерахунок на довжину хвилі 578 нм дає відповідні значення параметра $\ln \rho_1(578 \text{ nm}) \approx (1.6 \dots 1.8)$. Таким чином, при однаковій кількості основних аерозольних мод, параметри грубодисперсної моди в небі над позицією CESAR значно відрізняються від параметрів грубодисперсної моди над позицією ГАО, Київ.

$RMSD$



$\ln \rho_1$

Рис. 3. Те ж саме, що й на рис.1, але для даних вимірювань 9 липня 2013 р. над позицією CESAR (Нідерланди) [4]

Висновки. Запропоноване розширення діапазону параметрів аерозольних часток, при виконанні модельного аналізу даних фазових поляризаційних вимірювань неба, надає можливість вже на початкових етапах обчислень виявити ймовірний модовий склад аерозольної компоненти й оцінити параметри часток основних мод в небі над досліджуваною позицією.

Список використаних джерел:

1. Аврамчук В.В. (1965). Многоцветная поляриметрия света сумеречного и дневного неба в зените. *Вопр. астрофиз. Киев: Наук. думка*, 112.
2. Бовчалюк В., Міліневський Г., Данилевський В., Голуб Ф., Сосонкін М., Юхимчук Ю., Подвін Т. (2017). Властивості аерозолію в атмосфері над Києвом за лідарними та фотометричними спостереженнями. *Косм. наука і технол.*, 23(6), 34.
3. Ovsak, O., Vashchenko, V., Vid'machenko, A., Loza, Y., Patlashenko, Z., & Ovsak, B. (2021). Recovery of Parameters for the Multimodal Aerosol Component in the Atmosphere from Spectral Polarimetric Measurements. *Ukrainian Journal of Physics*, 66(6), 466. <https://doi.org/10.15407/ujpe66.6.466>
4. van Harten, G., de Boer, J., Rietjens, J. H. H., Di Noia, A., Snik, F., Volten, H., Smit, J. M., Hasekamp, O. P., Henzing, J. S., and Keller, C. U. (2014). Atmospheric aerosol characterization with a ground-based SPEX spectropolarimetric instrument, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 4341–4351, <https://doi.org/10.5194/amt-7-4341-2014>

AN ADDITION TO THE METHOD OF ATMOSPHERIC AEROSOL COMPONENTS ANALYSIS BASED ON THE DATA OF SPECTRAL POLARIZATION MEASUREMENTS OF THE CLEARSKY

Oleksandr Ovsak O.S. – PhD, Senior Research Fellow
Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

It is proposed to supplement the algorithms of the recovering method for the parameters of the main aerosol modes in the Earth's atmosphere by expanding the analyzed range of the parameters of aerosol particles values. As a result, the informativeness of the arrays of values of the root mean square deviation of the calculated phase dependences of the degree of linear polarization of the light scattered by the model gas-aerosol environment from the relevant data of measurements of the polarization characteristics of the sky increases significantly. The obtained dependences make it possible to identify the probable number of main aerosol modes present in the studied atmosphere at the first stages of the analysis and to make a preliminary estimate of the values of the microphysical parameters of the particles of the main coarse-dispersed mode of the aerosol and the parameter of the relative contribution of molecular scattering in the atmosphere. Using an addition to the algorithm of the method, an analysis of data from spectral phase polarimetric measurements of the sky over the site MAO, Kyiv (Ukraine) and over the site CESAR (Netherlands) was performed.

Keywords: atmosphere, degree of linear polarization, aerosol, recovery of parameters, modes.

МЕТЕОРНІ ЯВИЩА ТА ЇХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Олександр Голубаєв – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Альона Мозгова – канд. фіз.-мат. молод. наук. співробітник

У роботі висвітлено важливість та специфіку досліджень метеорних явищ. Описано методи та засоби, що застосовуються під час спостережень метеорів.

Ключові слова: метеор, спектр, метеорний патруль.

Всі тіла Сонячної системи занурені в пилову хмару, яку з поверхні Землі ми спостерігаємо у вигляді Зодіакального Світла. А в області екліптики навпроти Сонця спостерігається Протисяйво (нім. Gegenschein) – слабе освітлення нічного неба, викликане відбиттям сонячного світла міжпланетним пилом у Сонячній системі. Варто не

плутати Чумацький шлях із Зодіакальним Світлом, яке набагато слабкіше за яскравістю. Джерелами пилу в Сонячній системі є комети та астероїди. Кометний пил поширюється всією орбітою комети у вигляді рою метеороїдів. Якщо Земля перетинає орбіти рою пилових частинок, які рухаються зі швидкостями 11-71 км/с, вони потрапляють в атмосферу Землі і згорають, утворюючи метеорні явища (метеори). Таким чином, за спостереженнями метеорів можна вивчати різні властивості комет і астероїдів.

Специфіка методів метеорних спостережень вимагає, перш за все, організації мережі пунктів спостереження, які рознесені на значні відстані і взаємодіють між собою в режимі реального часу. У різних наукових установах на території сучасної України спостерігають метеори в оптичному та радіолокаційному діапазонах довжин хвиль. Спостереженнями метеорів займаються також аматори астрономії.

Одним з головних завдань метеорної астрономії є виявлення нових метеорних потоків та пошук генетичного зв'язку з кометами та астероїдами, з поверхні яких було викинуто рій спостережених метеороїдів.

16 серпня 2022 року японська мережа SonotaCo та глобальна мережа відеокамер низької освітленості CAMS виявили метеорну активність з радіанта, що має координати $RA = 324,9^\circ \pm 0,04^\circ$, $Decl. = -11,9^\circ \pm 0,3^\circ$ (поблизу точки антисонця), з геоцентричною швидкістю $V_g = 24,4 \pm 0,5 \text{ км с}^{-1}$ (Equinox J2000) [1]. Орбіти метеороїдів в рою мають низький нахил і нагадують орбіту комети 45P/Honda–Mrkos–Pajdušáková. Тимчасова назва потоку M2022-Q1, але є припущення, що його назва буде 18-Aquariids. В Україні незалежно вдалось зареєстрували цю активність. У ніч із 16/17 серпня аматором астрономії Олександром Ангельським (м. Одеса) було отримано 5 базисних метеорних зображень [2].

В Інституті астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна створено апаратний комплекс (Автоматизований відеоспектральний метеорний патруль). Таким чином, розширюється матеріальна, наукова та навчально-наукова база Інституту астрономії, яка використовується в навчальному процесі на кафедрі астрономії та космічної інформатики під час практичних і лабораторних занять, виконання бакалаврських і магістерських робіт та розробки новітніх методів дистанційного дослідження астрономічних об'єктів Сонячної системи. Були також організовані багатостанційні спостереження метеорів. Перша спостережна станція розташована у Харкові на території НДІ астрономії, друга – на території Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії. Відстань між оптичними приладами становить 64.76 км. Це достатньо для надійного отримання кінематичних характеристик метеорних тіл [3].

Автоматизований відеоспектральний метеорний патруль (АВСМП) НДІ астрономії ХНУ імені В. Н. Каразіна являє собою оптично-електронний апаратний комплекс із застосуванням CCTV-відеокамер. Як детектори випромінювання використовують CCTV-камери Watec WAT-902H2 ULTIMATE із частотою формування кадрів із зображенням $40 \text{ мс}^{-1} \pm 0.1 \text{ мс}^{-1}$. Усі камери оснащено об'єктивами Tamron 12VM1040 ASIR ($F = 10 \text{ мм}$, відносна апертура $F/1.4$), які забезпечують поле зору $34.4^\circ \times 25.8^\circ$. Для автоматичної реєстрації метеорів використовується програмне забезпечення UFOCapture (SonotaCo, Japan).

Одна з камер метеорного патруля Чугуївської спостережної станції оснащена дифракційною ґраткою 500 штрихів/мм для спектральних спостережень. Спектральні спостереження дають багато інформації про хімічний склад метеорної частинки та різні фізичні властивості явища метеора. В результаті обробки спостережного матеріалу за допомогою автоматизованого відеоспектрального метеорного патруля отримуємо кінематичні параметри руху частинок у земній атмосфері (швидкості, лінійні висоти), координати радіанта на небесній сфері, елементи геліоцентричних орбіт метеороїдів, їхній хімічний склад, розміри та маси.

Дослідження метеорів дозволяють вивчати фізичні властивості простору поблизу Сонця та порівнювати з результатами досліджень отриманих за допомогою космічних апаратів. Для цього ми вивчаємо особливості впливу Сонця на фізико-хімічні властивості речовини метеороїдів з перигелійними відстанями менше 0.1 а.о., які під час вльоту в атмосферу Землі мають радіанти поблизу Сонця на небесній сфері.

Так, наприклад, Parker Solar Probe виявив різке зменшення пилу, починаючи з відстаней менших за 0.08 а.о. до Сонця, що було передбачено за наземними спостереженнями метеорів. Основною науковою метою місії Parker Solar Probe (PSP) є вивчення структури та динаміки коронального магнітного поля Сонця, фізичних властивостей сонячної корони та вітру. Але на борту PSP також встановлені пристрої, які допомагають зрозуміти природу інших тіл Сонячної системи. У 2021 році зонд PSP здійснив найближче наближення до Сонця - 13.28 R_☉. На черговому витку своєї орбіти 24 грудня 2024 р. планується досягти найближчу точку з радіусом 9.86 R_☉ від Сонця. Космічний апарат Parker Solar Probe вперше забезпечив спостереження міжпланетного пилу на відстані менше 0.3 а.о. від Сонця. Пил фіксується приладом FIELDS під час ударної іонізації та подальших збурень у плазмовому середовищі поблизу космічного корабля [4].

За наземними спостереженнями метеорів авторами доповіді проводиться дослідження ефекту сублімації пилових частинок на близьких відстанях від Сонця [5]. Це дасть змогу у майбутньому порівняти результати отримані космічними апаратами з наземними спостереженнями метеорів.

Список використаних джерел:

1. Jenniskens, P., “Ongoing outburst from a new radiant on Aquarius/Capricorn border”, eMeteorNews, vol. 7, no. 5, pp. 304–305, 2022.
2. Новий метеорний радіант на кордоні Водолій/Козеріг Astrodes. <http://astrodes.com/2022/08/21/новий-метеорний-радіант-на-кордоні-во/>
3. Мозгова А., Голубаєв О. Метеорна База даних за спостереженнями у 2019 –2021 роках на автоматизованому відео-спектральному метеорному патрулі Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Астрономія.* – 2022. – 2 (66). – С. 26-35.
4. Szalay, Jamey & Pokorný, Petr & Bale, Stuart & Christian, Eric & Goetz, K. & Goodrich, Katherine & Hill, M. & Kuchner, M. & Larsen, R. & Malaspina, D. & Mccomas, David & Mitchell, Dajamen & Page, Beata & Schwadron, Nathan. (2019). The Near-Sun Dust Environment: Initial Observations from Parker Solar Probe.
5. Голубаєв О.В. “Кінематичні та фізичні характеристики метеорних тіл з радіантами поблизу Сонця за даними наземних телівізійних спостережень” // *Дисертація канд. фіз.-мат. наук*, Київ, 2017. http://svrada.nau.edu.ua/2017.06.27_Golubaev/

METEOR PHENOMENA AND THEIR OBSERVATIONS

Oleksandr Golubaev – PhD, Senior Research Fellow

Alona Mozgova – PhD, Junior research fellow

This paper presents the importance and specifics of meteor phenomena researches. Methods and equipment used in meteor observations are described.

Key words: meteor, spectrum, meteor patrol.

СТАН СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОСМОСУ

Тетяна Присяжна - викладач вищої категорії

У науковому плані людство прагне знайти в космосі відповідь на такі принципові питання, як будова і еволюція Всесвіту, утворення Сонячної системи, походження та шляхи розвитку життя. В освоєнні космосу людству належить вивчити різні області

космічного простору - Місяць, інші планети і міжпланетний простір. Принципи розвитку космічної техніки повинен випереджати попит, пов'язаний з вирішенням актуальних народногосподарських проблем. Головними завданнями тут є створення ракет-носіїв, двигунів, космічних апаратів, а також засобів забезпечення

Ключові слова: національні інтереси, інтереси у сфері космосу, космічні ресурси, ефективність.

Постановка проблеми. Для українського суспільства російська агресія стала головним викликом року, на відсіч якій спрямовані всі національні зусилля та більша частина допомоги від партнерів. Пропри жахи та проблеми війни ми не маємо залишати поза увагою основи світові тенденції та перспективи розвитку людства. Для багатьох країн світу космічна діяльність визначена, як один із пріоритетних напрямів розвитку, що сприяє успіху країни в економіці, науці, забезпеченні національної безпеки тощо. Україна, яка має потужний ракетно-космічний потенціал, має достатньо підстав також тримати космічну галузь у центрі уваги.

Метою дослідження є аналіз космічних подій та можливості розвитку космічної техніки.

Викладення основного матеріалу. Космічних подій 2022 року не злічити: ми побачили перші фото довгоочікуваного телескопа «Джеймс Вебб», зображення тіні надмасивної чорної діри з центру нашої галактики, стали свідками старту програми з повернення людей на Місяць «Артеміда» та вломили астероїду космічним тараном.

Найамбітітношою подією минулого року можна назвати старт програми «Артеміда», яка має на меті освоєння Місяця. Програма почала діяти у 2017 році із бюджетом до 2024 року у \$50 млрд. Вона увібрала у себе напрацювання відмінених програм Сузір'я та Asteroid Redirect Mission. Артеміда передбачає будівництво за кошти НАСА ракети SLS та американо - європейського космічного корабля Оріон (здатний перевозити чотирьох астронавтів) для створення на навколomisячній орбіті космічної станції Lunar Gateway, до якої стикуватимуться місячні посадкові модулі, що вже розробляються приватними компаніями. Востаннє людство досягало нашого супутника у ході місії «Аполлон-17» у 1972 році. Тепер же NASA планує не лише подорож астронавтів до супутника, а і розбудову на навколomisячній орбіті космічної станції Lunar Gateway, а в ще більш далекому майбутньому — створення на поверхні Місяця дослідницької бази.

Першим етапом втілення задуму стала місія «Артеміда-1» — запуск космічного корабля «Оріон». Він рушив до дальньої ретроградної орбіти Місяця за 434 500 кілометрів від Землі. Дорогою корабель двічі наближався до нашого супутника на відстань приблизно в 130 кілометрів від його поверхні, робив селфі з ним і з Землею, що лишилась позаду, а також збирав всі необхідні для наступних місій дані про подорож. Артеміда-1 це другий безпілотний політ космічного корабля (КК) «Оріон», запуск якого вперше забезпечує ракета систем космічних запусків. Планується, що КК пробуде в космосі три тижні, включно із шістьма днями на ретроградній навколomisячній орбіті. Програма Артеміда-1 призначена для демонстрації можливостей інтегрованих систем «Оріона» для наступних пілотованих місій, а також для випробування термоізоляції корабля протягом високошвидкісного (11 км/с) входження в атмосферу під час повернення на Землю. Наступна, вже пілотована, місія Артеміда-2 планується на травень 2024 року.

2022 рік ми зустрічали найочікуванішою подією - запуском космічного телескопа «Джеймс Вебб». Космічний телескоп "Джеймс Вебб" (JWST) вартістю 10 мільярдів доларів, найдорожчий у світі телескоп зашуканий 25 грудня 2021 року, є наступником знаменитого космічного телескопа «Габбл». Він прибув до точки Лагранжа Сонце — Земля L2 у січні 2022 року. Перше глибоке поле Вебба — перше зображення глибокого космосу, отримане космічним телескопом "Джеймс Вебб" і опубліковане 11 липня 2022

року. На складеному зображенні, зробленому камерою ближнього інфрачервоного діапазону NIRCам «Джеймса Вебба», видно ділянку неба Південної півкулі. На зображенні видно тисячі галактик, зокрема скупчення галактик SMACS J0723.3-7327, розташоване на відстані 4,6 млрд світлових років. Його кутові розміри приблизно з піщинку, яку тримають на відстані витягнутої руки. Найвіддаленіші галактики, що потрапили на знімок, розташовані на відстані понад 13 млрд св. р. Це інфрачервоне зображення раннього Всесвіту з найвищою роздільною здатністю з будь-коли зроблених. Уже в перші тижні своєї роботи JWST вдалося зробити відкриття, можливо, найвіддаленішого астрономічного об'єкта за історію спостережень — галактики GLASS-z13 — вона, виявлена у липні 2022 року телескопом James Webb у сузір'ї Скульптора. Найдавніша галактика з виявлених на поточний час. Була сформована приблизно через 300 мільйонів років після Великого вибуху, зараз їй близько 13,5 мільярда років¹. Проте точний вік визначити неможливо: вона могла з'явитися будь-коли протягом перших трьохсот мільйонів років після Великого вибуху. Червоний зсув GLASS-z13 становить приблизно $z=13$, через що вона виглядає як яскрава червона точка. Галактика карликова: її діаметр дорівнює приблизно 1600 світлових років, що приблизно у 60 разів менше ніж діаметр Чумацького Шляху. Вона була виявлена поряд з іншою галактикою, GLASS-z11, порівнянною з GN-z11, також однією з найдавніших виявлених галактик. Телескоп проводитиме різноманітні спостереження за небом, але має дві основні мети. Одна з них - зробити знімки найперших зірок, які засяяли у Всесвіті понад 13,5 мільярдів років тому; інша - досліджувати далекі планети, щоб побачити, чи придатні вони для життя. З появою «Джеймса Вебба» астрономи одразу взялися за аналіз даних в пошуках дуже далеких галактик. Наразі рекорд тримає кандидатка в галактику, що могла існувати всього через 250 мільйонів років після Великого вибуху. Її вчені знайшли у першому наборі даних, які зібрав телескоп.

За часів незалежності в космос вирушили 167 ракетносіїв українського виробництва, які вивели на орбіту 387 супутників. Великими досягненнями українських фахівців стало створення космічних апаратів «Січ-1», «Океан-О», «АУОС» та «Мікрон», ракет-носіїв «Зеніт-3SL», «Дніпро», «Циклон-3». Проте останні три роки в Україні не було космічної програми. Бюджет космонавтики на 2021 склав мільярд гривень, понад половина йде на Павлоградський хімзавод – для утилізації ракетного палива. У попередні роки невеликі бюджети виконували на 30-35 відсотків.

Щодо інших країн, то як ми вже сказали на початку, 2022 р. був дуже вдалий для досліджень та підкорення космосу. Сподіваємось, 2023 р. буде не гірше.

Висновки. Ми вступили лише в четверте десятиліття космічної ери, а вже цілком звикли до таких чудес, що як охопили всю Землю супутникові системи зв'язку і спостереження за погодою, навігації і надання допомоги терплячим біду на суші і на море. Як про щось цілком повсякденному слухаємо повідомлення про багатомісячну роботу людей на орбіті, не дивуємося слідам на Місяці, знятим «в упор» фотографіям далеких планет, уперше показаному космічним апаратом ядру комети. За дуже короткий історичний термін космонавтика стала невід'ємної частиною нашого життя, вірним помічником у господарських справах і пізнанні навколишнього світу. І не приходиться сумніватися, що подальший розвиток земної цивілізації не може обійтися без освоєння всього навколоземного простору. Космічні дослідження і наукові відкриття часто здаються чимось абстрактним, але вони впливають і на сьогодення, і на майбутнє людства.

Список використаних джерел:

1. Астрономія і дослідження космосу. URL: <https://expedicia.org/astronomiya-i-doslidzhennya-kosmosu-u-2022-r/>
2. Космічні дослідження. URL: <https://ua.korrespondent.net/tech/space/4057644-indiia-vyvela-v-kosmos-rekordno-lehkyi-suputnyk>

3. Освоєння космосу: початок космічної ери. URL:
<http://ru.osvita.ua/vnz/reports/astronom/25813/>

STATE OF MODERN SPACE RESEARCH

Netaina Prysiashna - teacher of the highest category

From a scientific point of view, humanity strives to find in space the answer to such fundamental questions as the structure and evolution of the universe, the formation of the solar system, the origin and ways of development of life. In space exploration, mankind has to study different areas of outer space - the Moon, other planets and interplanetary space. In principle, the development of space technology should be ahead of the demand associated with the solution of current economic problems. The main tasks here are the creation of launch vehicles, engines, spacecraft, as well as means of support.

Key words: national interests, interests in space, space resources, efficiency.

ВІДКРИТТЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМЕТ

Андрій Бородін, гуртківець астрономічного гуртка
ОЦТТУМ

Систематизовано дані про комети: їх походження, дослідження, склад, будову, періодичність появи, умови видимості. Проаналізовано наукові дані про нещодавно відкриті комети та про майбутні місії по дослідженню комет.

Ключові слова: комета, Сонце, пиловий хвіст, ядро, атмосфера, космічний апарат.

Комета це – невелике небесне тіло яке існує в межах Сонячної системи і обертається по орбіті навколо Сонця (рис. 1) [1].



Рис. 1. Комета на зоряному небі

Комети, що виринають із глибин космосу, виглядають як туманні об'єкти, за якими тягнеться хвіст, його довжина іноді сягає мільйонів кілометрів [1].

Вважається, що комети, як капсули часу, зберігають первинну речовину, з якої утворилися Сонце і планети. Але і в планетах, і на Сонці ця речовина значно змінилась, а в кометах залишилась у первісному

стані. Існують факти на користь теорії, що життя на Землі виникло з тієї органіки, яка була занесена кометними ядрами.

На підтвердження цього у 2009 році апаратом НАСА Stardust у кометі Вільда-2 було знайдено гліцин. Живі істоти не можуть жити без цієї амінокислоти. Зараз у кометах шукають інші амінокислоти [2].

Цікаво, а чи справді комети занесли воду на Землю приблизно 3,4 млрд. роки тому? У процесі дослідження комет стало зрозуміло, що життя зародитися на планеті Земля не могло. У результаті місії «Rosetta» виявили, що ядро комети Чурюмова - Герасименко складається на 70-80 відсотків з криги. Коли Земля була розпеченою, кометні ядра трильйонами падали на нашу планету, крига танула, впадини заповнювалися водою [3].



Комети в глибинах космосу

На даний час виявлено близько чотирьох тисяч комет, але за Поясом Койпера в Хмарі Оорта (рис. 2) їх, за приблизними підрахунками, може перебувати близько трильйона [4].

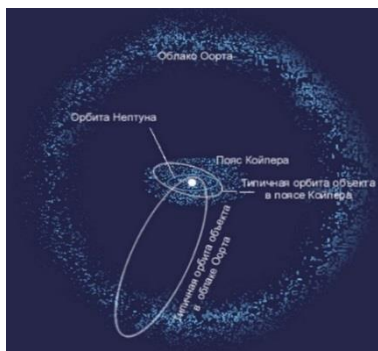


Рис. 2. Пояс Койпера та Хмара Оорта

Вважають, що комети походять із Хмари Оорта, яка розташована на великій відстані від Сонця, і складається із «решток», що залишилися після конденсації туманності. Зовнішні краї цієї хмари досить холодні, щоб вода існувала там у твердому, а не газоподібному стані (рис. 3) [5].

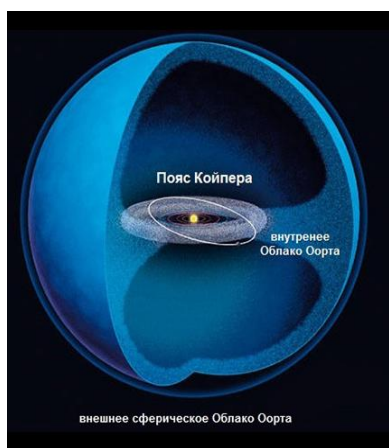


Рис. 3. Структура Хмари Оорта: дископодібна внутрішня частина та сферична зовнішня

Тіла на околицях Сонячної системи, як правило, складаються з летючих речовин (водяних, метанових та інших льодів), що випаровуються при наближенні до Сонця. Всього виявлено понад 400 короткоперіодичних комет.

Це ті, повний оберт яких навколо Сонця триває від 3 до 10 років. З них близько 200 спостерігалось в більш ніж одному проходженні перигелію. Багато з них входить в так звані сімейства. Наприклад, приблизно 50 короткоперіодичних комет утворюють сімейство Юпітера - це група короткочасних комет, в яких орбіти афелію розташовані поблизу орбіти Юпітера. Деякі менші сімейства Сатурна, Урана та Нептуна (до останнього, зокрема, належить знаменита комета Галлея). Орбіта якої досягає Нептуна.

Яскравість комет залежить від їхньої відстані до Сонця. Дуже мало з усіх наявних комет наближається до Сонця і Землі настільки, щоб їх можна було побачити неозброєним оком. Найпомітніші з них іноді називають «Великими кометами» [6].

Комета NEOWISE - одне з найяскравіших астрономічних явищ 2020 року [7]



Комета NEOWISE за всіма параметрами заслуговує на звання «великої» (рис. 4).

Рис. 4. Комета NEOWISE над британським Стоунгенджем (фото: telegraph.co.uk)

Теорія про можливе походження комет Сонячної системи

Вивчивчаючи матеріали конференції КАММАК 2014, я дізнався про одну дуже цікаву теорію походження комет. Це теорія українських астрономів Р. Я Білявцева, К. І Чурюмова, С. Д. Співака, Е.Е Лазаренко та В. І. Блажко.

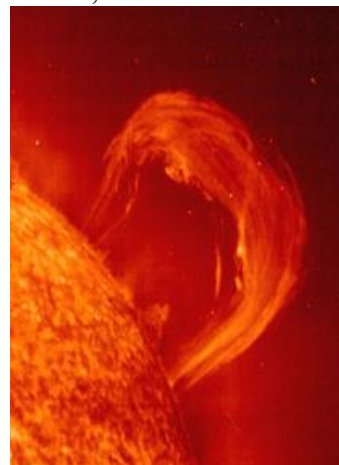
Говорить вона ось про що: комети могли виникати при вибухах на Сонці під час сонячної активності, які супроводжувалися гігантськими електронно – магнітними викидами в хромосферу – протуберанціями [8].

На думку цих вчених, при особливо великих викидах – виверження матерії із Сонця у вигляді протуберанців - генеруються комети (рис. 5).

Це відбувається в період високої активності Сонця та спалахів на ньому. Для віддалення від Сонця по еліптичній орбіті такі викиди сонячної матерії повинні мати дуже велику швидкість, значну вищу, ніж друга космічна.

При значній масі таких викидів можуть утворитися комети, оскільки тяжкі елементи комет складають біля 10% зоряної матерії, а водень залишається головним елементом у складі комет.

Рис. 5. Гігантський Сонячний спалах з виверженням протуберанців



На користь цієї теорії вчені приводять той факт, що більшість комет Сонячної системи обертається навколо материнського тіла, тобто навколо Сонця [8].

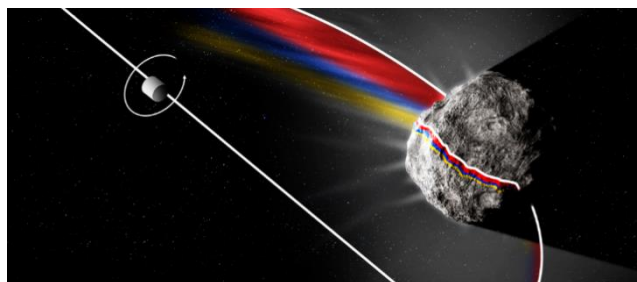
Майбутні місії по дослідженню комет

Раніше не було можливості спланувати місію та ще й відправити посадковий апарат на побачення із довгоперіодичною кометою. Але наука не стоїть на місці, а постійно ускладнює завдання. Надскладне завдання, поки що, лунає так: спробувати наблизитися до комети, яка прилетіла з Хмари Оорта, а не до короткоперіодичних комет, які вже неодноразово проходили повз Сонце.

І ось які є розробки:

Спочатку належить запустити автоматичну міжпланетну станцію і... чекати на своєрідній паркувальній орбіті у точці Лагранжа L2, яка залишається нерухомою щодо Землі, поки не з'явиться відповідна ціль (рис. 6).

Рис. 6. Плани дослідження структури комети на відстані



Уже започаткована програма "Перехоплювач комет" ("Comet Interceptor") Європейського космічного агентства. Вона матиме парк із трьох космічних апаратів різного призначення – головний (корабель А) і два допоміжні (кораблі Б): коли визначиться конкретна комета, до цілі терміново вилетить один із апаратів, найбільш технологічно озброєний щодо головного завдання місії (рис. 7) [9].



Надіємось, що «Перехоплювач комет» – буде місією, яка дозволить дослідити невідому комету, що вперше прилетить з Хмари Оорта.

Рис. 7. Космічний апарат "Перехоплювач комет" Європейського космічного агентства (художнє зображення)

Програма "Перехоплювач комет" має стартувати в 2029 р., а значить за найближчі шість років має бути збудований парк посадочних дослідницьких зондів та апаратів нового покоління.

По-друге, в обсерваторії імені Віри Рубін (Vera C. Rubin Observatory) (рис 8), розташованій на горі Серро-Пачон, Чилі, у 2023 р. почав діяти новітній потужний

телескоп, призначений саме для пошуку довгоперіодичних комет, які прилітають з Хмари Оорта [9].

Цей телескоп побудували і він вже почав пошук космічних об'єктів. Vera C. Rubin Observatory названа в честь американського астронома Віри Рубін.



Рис. 8. Обсерваторія імені Віри Рубін на горі Серро-Пачон, Чилі

Нова комета "A10SVYR" буде яскравою у жовтні 2024 року

22 лютого 2023 року телескоп-робот - ATLAS відкрив раніше невідомий об'єкт. Ним виявилася велика комета на сильно витягнутій орбіті (зараз 7 а. о. від Сонця: між орбітами Юпітера і Сатурна), яка 28 вересня 2024 року пройде на відстані 0,4 а. о. від нашого світила. А 13 жовтня 2024 року комета опиниться на відстані 0,5 а. о. від Землі. В цей час прогнозований блиск близько 0^m - це як найяскравіші зірки на небі. Дослідники добре вивчили траєкторію польоту комети, так як знайшли знімки цієї комети ще до її відкриття (у грудні 2022 року) (рис. 9) [10].

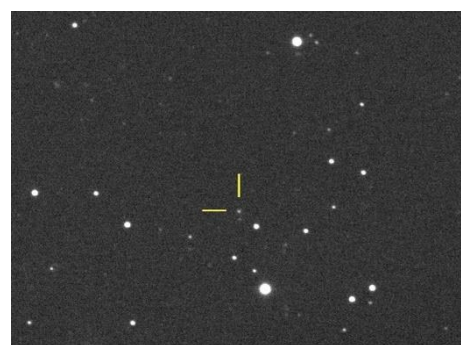


Рис. 9. Крайній (з відомих мені) знімок комети ATLAS

А тепер подробиці:

- 1) "A10SVYR" - це поки що попереднє позначення. Швидше за все комета матиме офіційне ім'я: "C/2023 D1 (ATLAS)".
- 2) Це велика комета із великим ядром. Якби не було кометної активності ядра, то для яскравості $+18^m$ потрібно, щоб діаметр ядра був близько 90 км! Але активність є, отже, ядро менше. Але у будь-якому випадку велике. Для порівняння діаметри ядер комет: Хейла-Боппа = 65 км, Галлея = 11 км, NEOWISE та Хіякутакі = по 5 км.
- 3) "А чи не може ця комета зруйнуватися?"
Відповідь: ні. Вона не критично близько пройде від Сонця (0,4 а. о. – як Меркурій від Сонця), а ще ядро досить велике.
- 4) Якою буде яскравість комети?
Швидше за все, блиск буде близько 0 зоряної величини. Це у 6 разів яскравіше ніж комета (NEOWISE) у 2020 р. та у 100 разів яскравіше за комету C/2022 E3 (ZTF), яка була видима на початку лютого 2023 р. Хвіст C/2023 D1 (ATLAS) може досягти довжини в 40° - 50° (це в 2 рази більше Ковша Великої Ведмедиці).
- 5) Прикладом комети зі схожою орбітою та умовами видимості раніше була C/1881 K1. Дивлячись на її малюнки, можна уявити, як може виглядати на небі комета "C/2023 D1 (ATLAS) у жовтні 2024 року.
- 6) Де, коли та як її буде видно? Найкраще спостерігати комету з 12 по 20 жовтня 2024 року на півдні. Її буде видно не високо над західною частиною горизонту через 1 годину після заходу Сонця на тлі сузір'їв Діви та Змії [10].

Нова комета C/2022 E3 (ZTF)

Нещодавно відкрито комету під назвою C/2022 E3 (ZTF). На початку березня 2022 року вона була помічена ширококутною оглядовою камерою. Спочатку виглядала як астероїд, який у той час перебував на орбіті Юпітера. Однак, незабаром почала

світлішати, як це роблять комети. C/2022 E3 ZTF пройшла через внутрішню частину Сонячної системи [11].

Вона максимально наблизилася до Сонця 12 січня 2023-го року, а потім між 1-2 лютого пролетіла повз Землю. В цей час її можна було побачити на темному небі неозброєним оком, а згодом можна було побачити у бінокль або телескоп протягом кількох днів, поки вона наближалася до Землі. За даними Лабораторії реактивного руху NASA (JPL), вік комети C/2022 E3 ZTF складає близько 50 тисяч років.

Це означає, що останній раз вона наближалася до Землі у часи палеоліту, а останніми її бачили ранні Homo Sapiens, які жили під час льодовикового періоду, та неандертальці.

Звичайно, неандертальці та ранні люди не знали, що таке C/2022 E3 (ZTF), комету ідентифікували набагато пізніше [11].

Я впевнений, що небесні гості – комети ще не раз здивують нас своєю не земною красою. Буду з нетерпінням їх чекати та уважно вивчати, а при нагоді – спостерігати!

Список використаних джерел:

1. Інформація про комету. URL: <https://forkids.wiki/shho-take-kometa/>
2. Проєкт Stardust. URL: <https://epizodyspace.ru/01/2u/solnthe/ams/stardast/stardast.html>
3. Походження води на Землі. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Походження_води_на_Землі
4. Комети в хмарі Оорта. URL: <https://znaimo.com.ua/Комета>
5. Будова та склад хмари Оорта. URL: <https://militaryarms.ru/novosti/oblako-oorta/>
6. Походження комет. URL: <https://uk.nationalgreenhighway.org/2220-what-are-comets-description-characteristics-differen.html>
7. Комета NEOWISE. URL: <https://www.nas.gov.ua/EN/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=6735>
8. Статті і тези Міжнародної астрономічної конференції САММАС-2014 (за редакцією члена – кореспондента НАН України, професора К. І. Чурюмова) – Вінниця: ФОП «Костюк Н. П.», 2014, 160 с.
9. 2021-2030. Наша Сонячна система в крижаному мішку комет. URL: ukrinform.ua/rubric-technology/3275845-20212030-nasa-sonacna-sistema-v-krizanomu-misku-komet.html
10. Подобиці про комету «A10SVYR». URL: <http://astro.vanbuitenen.nl/comet/A10SVYR>
11. Цікавинки про нову комету «ZTF». URL: <https://life.pravda.com.ua/society/2023/01/3/252133/>

DISCOVERY AND RESEARCH OF COMETS

Andriy Borodin - a member of the OCTTUM Astronomical Circle

Data on comets are systematized: their origin, research, composition, structure, periodicity of appearance, conditions of visibility. Scientific data on recently discovered comets and future comet research missions have been analyzed.

Keywords: comet, Sun, dust tail, core, atmosphere, spacecraft.

ВІДКРИТТЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СФЕР СОНЦЯ ТА ЗЕМЛІ

Леонтій Скібінський – д-р. фіз.-мат.наук

Сергій Скибинський – інженер радіоелектронік

У доповіді йдеться про відкриття електромагнітних сфер (ЕС) зірок та планет. Радіус ЕС Землі обчислено з умови рівноваги сил на матеріальну точку, що знаходиться на лінії еднання Сонця та Землі. Співвідношення між масою та кінетичною енергією взято з функції Скібінського (С). З неї обчислено масу ЕС Землі та доведено існування аберації зірок в ЕС інших планет. Критика релятивістами гіпотези Коші про повне

перенесення газоподібного ефіру єдиною у Всесвіті Землею привела до простору-часу, що не має жодних носіїв взаємодій. Якщо розглядати рух Землі в ЕС Сонця, то ми прийдемо до ЕС Землі. Цю теорію підтвердив лазерний інтерферометр, чутливий до ефекту першого порядку відношення v/c . Дослід Ейрі по визначенню кута аберації зірок через телескоп з водою підтвердив нашу теорію про існування навколо планет і зірок ЕС.

Ключові слова: масове електромагнітне поле Бріллюена; лазерні інтерферометри Скібінського; фізика простору-часу

Вступ. Ідея про відкриття закону інерції була наслідком уявлень Галілея та Ньютона [1] про існування абсолютного геометричного простору та часу. Ньютон поклав їх у гіпотезу про існування інерціальних систем відліку (ІСВ), у яких немає впливів на рух матеріальних тіл. З цього закону випливало, що Земля є центром геоцентричної ІСВ й не має маси, а усі тіла, рідини та гази на ній знаходяться у стані невагомості. Ці факти вимагали очищення механіки Ньютона від закону інерції, принципу відносності та ІСВ. Однак він не зробив цього кроку. Тому Герц [2] вказував на неповноту його механіки, на відсутність у ній коректного визначення сили й на присутність у ній паразитичних гіпотез. Тому він намагався створити енергетичну механіку (ЕМ). Проте йому не вдалося її завершити. Ми зробили чергову спробу її завершення. Нам вдалося довести, що Герца системи відліку (ГСВ) не є інерціальними тому, що вони повністю переносять електромагнітну польову матерію, яка є носієм усіх взаємодій.

Автори книги Фізика простору-часу Е. Тейлор і Дж. Уїлер [3], аналізуючи перше формулювання принципу відносності Галілея, прийшли до висновку, що його уявна дослідна каюта не була ІСВ. Її можна отримати, якщо перейти від морського корабля до космічного, у якому усі напрямки однакові. Тоді тіло, на яке не діють зовнішні сили, буде рухатися рівномірно та прямолінійно, як з точки зору одного космічного корабля, так й іншого. Сьогодні під принципом відносності розуміють саме цю тотожність закону інерції в усіх ІСВ. Звідси випливає, що земні лабораторії не є інерціальними.

У 1905 році Ейнштейн [4] створив на перелічених недоліках Спеціальну теорію відносності (СТВ). Її: “Електромагнітні поля являють собою не стан деякого середовища, а самостійно існуючі реальності, які неможливо звести до чого-небудь іншого й які, подібно до атомів вагової матерії, не пов’язані ні з якими носіями”. Звідси випливає, що у СТВ немає масового та енергетичного електромагнітного поля, з якого можуть народжуватися елементарні частинки матерії, що не мають кінетичної енергії. Значить його вгадали: у 1873 р. М. А. Умов, в 1881 р. Дж. Дж. Томсон, в 1890 р. О. Хевісайд та А. Пуанкаре в 1900 р., а Ейнштейн запозичив його у когось з них тому, що такого власного співвідношення СТВ не мала. Бріллюен [5] вказував, що сьогодні немає виводу співвідношення між масою та її кінетичною енергією, яка випромінюється при її гальмуванні.

Вивід співвідношення між масою та енергією тіла, що рухається. Сьогодні ми довели, що критика релятивістів теорії аберації зірок для єдиної планети у Всесвіті втратила сенс. Правильну теорію можна створити, якщо вона рухається в ЕС Сонця, а саме електромагнітне поле Л. Бріллюена має масу, то жодних протиріч тут не виникає. Густина ЕС на поверхні Землі і швидкість світла у ній будуть сталими.

Тоді радіус ЕС Землі визначається з умови невагомості деякого об’єму електромагнітної польової матерії з масою m під дією на неї сил тяжіння Сонця та Землі

$$mg_S - mg_E = 0. \quad (1)$$

Скорочуючи цю рівність на m , будемо мати $g_S - g_E = 0$.

$$g_S = 5.94 \cdot 10^{-3} = GM_E / r_{sph}^2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2} \quad (2)$$

де g_S – прискорення сили тяжіння Сонця у радіусі земної орбіти. Тоді мінімальний радіус ЕС Землі, яка знаходиться на лінії, що єднає центри Сонця та Землі, має бути

$$r_{sph} = \sqrt{G M_E / g_s} \approx 2.6 \cdot 10^8 \text{ м}, \quad (3)$$

де $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравітаційна стала; $M_E = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ – маса Землі.

Ми маємо теоретичну модель для виводу співвідношення маси та енергії з функції Скібінського (С).

Розглянемо самий простий випадок функції С для частинки, що рухається рівномірно та прямолінійно зі швидкістю v . Функцію С для повної енергії частинки з масою спокою m_0 , що рухається в ЕС, можна визначити як суму її потенціальної та кінетичної енергії без розкладу в ряд Тейлора релятивістської залежності маси від швидкості

$$C = E = U + T = m_0 c^2 (1 + v^2 / 2c^2) = m_0 c^2 + m_0 v^2 / 2 \quad (4)$$

де $U = m_0 c^2$, $T = m_0 v^2 / 2$ – потенціальна та кінетична енергія частинки з масою спокою m_0 . Рівняння (4) являє собою залежність енергії частинки від її швидкості руху в ЕС. Проте, враховуючи межу прискорення частинки в ЕС, цю функцію для маси частинки, що рухається в ЕС, будемо мати без розкладу в ряд Тейлора

$$m = m_0 (1 + v^2 / 2c^2) = m_0 + m_0 v^2 / 2c^2. \quad (5)$$

Отже, функція С є співвідношенням маси частинки та енергії, що рухається в електромагнітній польовій матерії ГСВ. Сьогодні формули (4) та (5) підтверджені дослідженнями, що вказують на порушення принципу відносності.

Таким чином, ми установили, що електромагнітне поле має масу й енергію і воно є основною матерією Всесвіту. Воно забезпечує супероб'єднання фундаментальних взаємодій. Це відкриття вимагає перегляду релятивізму та його нову парадигму Всесвіту.

З цієї теорії випливає, що ЕС Землі повинна бути значно видовжена у її тіні, оскільки у ній прискорення сил тяжіння Сонця та Землі дорівнюють їх векторній сумі. Це повинно призводити до меншого показника заломлення світла ЕС Землі – вдень й до більшого – вночі. Це призводить й до зміни швидкості поширення світла й до порушення другого постулату СТВ. Цим ефектом пояснюються океанські припливи й відпливи. Він призвів до відкриття масової властивості електромагнітного поля, що відповідає кінетичній енергії Землі, яка рухається відносно ЕС Сонця. Він довів, що масове та енергетичне електромагнітне поле Бріллюена утворює навколо Землі ЕС з масою

$$M_{KE} = \frac{M_E v_E^2}{2c^2} = \frac{6 \cdot 10^{24} (3 \cdot 10^4)^2}{2 \cdot 8.9875 \cdot 10^{16}} \approx 3 \cdot 10^{16} \text{ кг}, \quad (6)$$

де $v_E^2 = 9 \cdot 10^8 \text{ м}^2 / \text{с}^2$ – квадрат швидкості руху Землі в ЕС Сонця; $c^2 = 8.9875 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 / \text{с}^2$ – квадрат швидкості поширення світла, виміряної на поверхні Землі. Ця маса рухається разом з нею по орбіті й пояснює нульові результати усіх інерціальних дослідів.

Отже, з цього обчислення випливає, що майбутнє має тільки масове електромагнітне поле Бріллюена. Він писав про нього: "... воно виконує дуже складну роль, воно переносить енергію, імпульс, напруженості Максвелла та інше...". Він наголошував на те, що саме електромагнітне поле має масу. Саме це питання він розглянув, щоб нагадати релятивістам, що вони не зовсім чітко розуміють усю його важливість.

У 1871 році Ейрі [6] спостерігав аберацію зірок у телескоп з водою й довів, що електромагнітна польова матерія рухається разом із Землею. Отже, цей дослід довів, що твердження фізиків релятивістів про те, що явище аберації має бути відсутнім при повному перенесенні електромагнітної польової матерії Землею суперечить спостереженню Ейрі, гіпотезі Бріллюена про масові властивості електромагнітного поля й теорії Скібінського про повне їх перенесення Землею. Коректна теорія явища аберації дана ним в [7]. Крім того, він винайшов у 2019 році лазерний інтерферометр, що чутливий до ефектів першого порядку відношення v/c і здатний перевірити другий постулат СТВ.

Відкриття ЕС Землі привело до розуміння того, що темні маса та енергія мають електромагнітну природу і є носієм усіх видів електромагнітного радіозв'язку в усіх хвильових діапазонах. Вона забезпечує і скін ефект електропровідності електричних струмів та їх електромагнітних полів.

Експериментальне підтвердження існування ЕС Землі. На початку 90 років 20 століття Скібінським було доведено, на підставі еквівалентності маси та енергії, що електромагнітне поле Л. Бріллюена має масу і може утворювати навколо Землі масову ЕС.

З цієї теорії випливало, що ЕС рухається разом із Землею по орбіті й забезпечує на її поверхні сталість швидкості поширення світла. Проте фізика є експериментальною наукою й кожне її теоретичне відкриття потрібно доводити експериментально. Перша така спроба була зроблена у 1990 році за допомогою винаходу інтерферометра з гелій-неоновим оптичним квантовим генератором (ОКГ-13), що чутливий до ефекту першого порядку відношення v/c . Його схема показана на рис.1

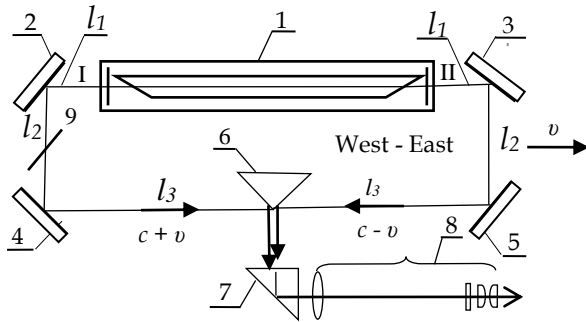


Рис.1. Лазерний інтерферометр з ОКГ-13:

1 – лазер ОКГ-13; 2, 3, 4, 5 – дзеркала; 6, 7 – поворотні призми, $l_1 = 6$ см, $l_2 = 12$ см, $l_3 = 11$ см, – довжини відрізків контура; 8 – підзорна труба; 9 – дзеркало резонатора ОКГ; v – швидкість «ефірного вітру».

Відносна стабільність лазера ОКГ-13 була 10^{-12} за хвилину

Мета проведення дослідів по перевірці другого постулату СТВ обома інтерферометрами з ОКГ-13 та лазерним діодом однаковою, як у досліді Майкельсона і Морлі [8]. Принцип дії інтерферометрів та методика їх застосування були розглянуті на VIII-й Всеукраїнській науковій конференції, що відбулася 12.04.2019, у м. Вінниці. На ній були розглянуті в усіх подробицях два типи інтерферометрів Скібінського. Тому ми приводимо тільки схему інтерферометра з лазерним діодом та методику його застосування.

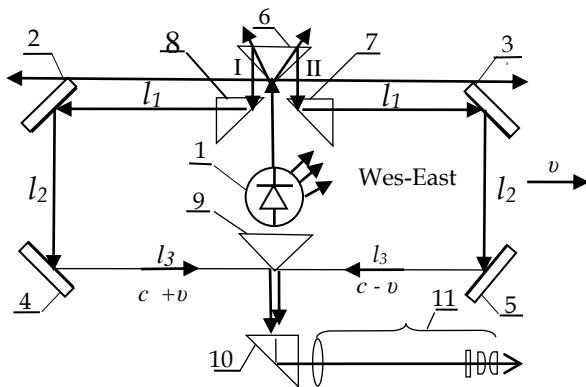


Рис.2. Інтерферометр з лазерним діодом:

1 – лазерний діод; 2, 3, 4, 5 – дзеркала; 6 – розщеплювач променя світла; \uparrow – напрямок ходу усіх пучків світла; 7, 8, 9, 10 – поворотні призми; $l_1 = 17,2$ см – відстань від поверхні призми 7 й 8 до дзеркал 2 і 3, $l_2 = 29$ см, $l_3 = 21,5$ см, – довжини відрізків контура; 11 – підзорна труба; v – напрям швидкості «ефірного вітру».

Відносна стабільність лазерного діода становила 10^{-9} за секунду

Принцип дії інтерферометра з лазерним діодом було розглянуто у доповіді на 8-й Всеукраїнській науковій конференції, що відбулася 12 квітня 2019 р., у м. Вінниці. Найбільш вдалою для вимірювань виявилася методика для інтерферометра з лазерним діодом. Її сенс полягає у наступному.

Для вимірювань інтерферометром з лазерним діодом була розроблена та застосована прискорена методика спостереження за зсувом інтерферограми при різній орієнтації інтерферометра до напрямку швидкості руху Землі у геліоцентричній системі відліку. Вона дозволяла спостерігати зсув інтерферограми відносно основного її положення протягом 5 – 10 хвилин. Основна інтерферограма утворювалася установкою площини підстави інтерферометра опівдні перпендикулярно до поверхні Землі та вздовж її меридіану. У цьому положенні інтерферометра швидкість руху Землі перпендикулярна до площини його підстави, й діє однаково на хід усіх променів світла. Зсув інтерферограми мав спостерігатися при поверненні інтерферометра в горизонтальне положення, а промені I й

П, що йдуть від дзеркал 4 й 5 до призми 8, направити уздовж 50-ї паралелі. У цьому випадку швидкість руху Землі буде спрямована зі сходу на захід й мати швидкість 30 км/с. Величина зсуву інтерферограми повинна бути пропорційна ефекту першого порядку. При визначенні різниці ходу променів було враховано, що ефективною довжиною є відрізок $l_3 - l_1 = 4,3$ см. Під ефективною довжиною вважається така відстань, на якій відсутня повна проти ходова компенсація променів за швидкістю, як у досліді Майкельсона і Морлі.

Аберація зірок. Ми у параграфі 2 довели, що Земля має ЕС і місцем утворення кута аберації зірок знаходиться на її поверхні.

Отже, з точки зору повного перенесення ЕС Землею під час руху по орбіті, явище аберації зірок має зводитися до визначення напрямку руху променя світла після входу його у ЕС Землі. Цей процес подібний до падіння краплі води на віконне скло вагона, що рухається. По її треку на віконному склі вагона можна зробити висновок, що напрям імпульсу краплі змінюється при переході від системи відліку, що покоїться, до системи, що рухається рівномірно та прямолінійно. Таке ж явище має відбуватися і зі світловим променем в ЕС Землі, що рухається. Він передасть імпульс елементарному об'єму поверхні ЕС, що рухається, під кутом аберації, як показано на рис.3.

Компоненти швидкості руху променя світла в масовій ЕС Землі будуть: $-v$, $-c' = -c\sqrt{1 - v^2/c^2}$. Тоді, кут аберації зірок в ЕС Землі, що рухається, повинен визначатися формулою

$$\tan \alpha = v/c\sqrt{1 - v^2/c^2}. \quad (7)$$

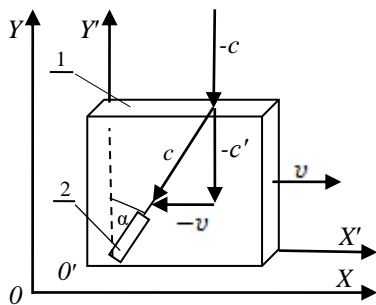


Рис. 3. 1 – поверхня ЕС; 2 – телескоп з водою; v – швидкість руху ЕС Землі; c – швидкість поширення світла у польових сферах систем відліку XOY і $X'O'Y'$; c' – проекція швидкості світла в геоцентричній системі відліку; α – кут аберації.

Висновки. Відкриття ЕС у Всесвіті пояснює феномен існування темної матерії [9].

Дослід Ейрі по аберації зірок довів існування ЕС Землі та що у Всесвіті не існує простору-часу Ейнштейна.

Вирішальним дослідом у відкритті ЕС Землі є нульові результати вимірювань лазерним інтерферометром Скібінського. Відкриття ЕС у Всесвіті пояснює феномен існування темної матерії у Всесвіті.

Вирішальним доведенням зростання маси тіла від величини m_0 до m відбувається за рахунок зростання його зовнішньої кінетичної енергії. Цього явища сьогодні немає у жодній існуючій теорії.

Найважливішим доведенням цієї теорії є те, що фізичне тіло може рухатися у статичному полі сил і набути зовнішню кінетичну енергію T , яку передбачав вивести Бріллюен у співвідношенні між масою та енергією. Ми досягли його мети рівнянням

$$E_{ful} = U + T = m_0 c^2 + m_0 v^2 / 2c^2, \quad (8)$$

де $T = m_0 v^2 / 2c^2$ – зовнішня кінетична енергія тіла, що рухається зі швидкістю v у статичному полі сил будь-якої ЕС.

Таким чином, співвідношення (8) вирішує проблему зовнішньої потенціальної енергії тіла, що рухаються.

Список використаних джерел:

1. Eric M. Rogers. Physics For the Inquiring Mind. Princeton, New Jersey Princeton University Press.1966.
2. Г. Герц. Принципы механики, изложенные в новой связи. (АН СССР, Москва. 1959). - 158 с.
3. E. F. Taylor, J. A. Wheeler. Space-time physics. (W. H. Freeman and Company, San Francisco and London, 1966) 232.
4. A. Einstein, Zur Electrodynamik Bewegter Körper. Ann. Phys, **17**, 891 (1905).
5. L. Brillouin. Relativity Reexamined (Academic Press, New York and London, 1970).
6. G. B. Airy, On a supposed alteration in the amount of astronomical aberration of light produced by the passage of light through a considerable thickness of refracting medium. Phil. Mag. {43}, 310 (1872).
7. L. P. Skibinskyi. Discovery of a Mass Property of an Electromagnetic Field, Astronomy and the present: Proceedings 8th the ALL-Ukrainian Scientific Conference. April 12, 2019, Vinnitsa city, editors: V. F. Zabolotnyi, A. V. Mozhovyi. – Vinnitsa: “TVORY”, 2019,30.
8. A. A. Michelson, E. W. Morley. The Relative Motion of the Earth and the Aluminiferous Ether. Amer. J. of Sci. {3}, 377 (1881).
9. Dark matter. URL: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Dark_matter

DISCOVERY OF THE ELECTROMAGNETIC SPHERES THE SUN & THE EARTH

Leontii Skibinskyi – Doctor of Science

Sergii Skybinskyi – engineer radio electronic

The report is about the discovery of the electromagnetic spheres (ES) of stars and planets. The ES radius of the Earth is calculated from the condition of balance of forces on a material point located on the line connecting the Sun and the Earth. The ratio between mass and kinetic energy is taken from Skibinskyi's function (S). From its, the mass of the ES of the Earth was calculated and the existence of the aberration of stars in the ES of other planets was proven, and the relativists' criticism of Cauchy's hypothesis about the complete transfer of the gaseous ether by the only the Earth in the Universe led to a space-time that does not have any carriers of interactions. If we consider the motion of the Earth in the ES of the Sun, then we will come to the mass ES of the Earth. This theory was confirmed by a laser interferometer sensitive to the first-order effect of the ratio v/c . Airy's experiment on determining the angle of aberration of stars through a telescope with water confirmed our theory of the existence of planets and stars around ES.

Keywords: Brillouin mass electromagnetic field; space-time physics; Skibinskyi laser interferometer

САТУРНІАНСЬКА МОДЕЛЬ АТОМА ВОДНЮ

Леонтій Скібінський – д-р. фіз.-мат. наук

Сергій Скибинський – інженер радіоелектронік

У доповіді йдеться про недоліки планетарної моделі атома водню. Їх вирішила сатурніанська модель атома з кільцевим електроном, на який діють дві сили – доцентрова, що утворюється протоном та відцентрова сила інерції електрона. Вони діють у взаємно протилежних напрямках та компенсують одна одну й утворюють умову інерціального внутрішнього руху матерії електрона в електричному полі протона. Він являє собою кільцевий електричний струм, що утворює власний магнітний момент, який забезпечує його магнітні властивості та випромінювання кванта світла.

Ключові слова: аномальний магнітний момент сферичного електрона Абрагама; неелектромагнітні властивості хвиль-частинок матерії де Бройля

Фейнман [1] вважав: “... що квантові закони привели до помилок та спекуляцій, які ніколи не будуть знайдені та виправлені”. Проте їх можливо знайти та вирішити.

1. Недоліки планетарної моделі атома Резерфорда. В 1911 році Е. Резерфорд [2] відкрив ядро атома та запропонував його планетарну модель. Така система є класичною і для її опису були застосовані закони класичної електродинаміки. Згідно з ними, класична модель електрона Абрагама [3] не мала власного магнітного моменту та спіну. Його класичний радіус втрачав будь-який сенс, якщо обчислити його за формулою

$$r_e = e^2 / 4\pi\epsilon_0 m_e c^2 = 2.81 \cdot 10^{-15} \text{ м}, \quad (1.1)$$

де $e = 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд і $m_e = 9.109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – маса електрона; електрична стала $\epsilon_0 = 8.8541878 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$; c – швидкість поширення світла у вакуумі.

Якщо сфера такого радіуса обертається, а її момент імпульсу дорівнює спіну електрона $\hbar/2$, то лінійна швидкість на його екваторі буде $v = 5\hbar/4m_e r_e \approx 300c$.

Отже, модельне уявлення про класичний спін електрона потребує перегляду.

Він створював тільки орбітальний магнітний момент своїм рухом по орбіті. За класичною електродинамікою він повинен випромінювати електромагнітну енергію й миттєво впасти на ядро. Однак стабільність атома водню дає підставу для висновку про те, що його електрон не рухається, та що він не планетарний. Якщо електрон переходить з більш віддаленого стаціонарного енергетичного рівня на більш близький до його основного стану, то він рухається з прискоренням і випромінює квант світла. Процес його поглинання відбувається у зворотному порядку. З цього випливає, що закони класичної електродинаміки виконуються тільки у сатурніанській моделі атома водню.

2. Теорія Бора для планетарної моделі атома водню. В 1913 р. Н. Бор [4] блискуче пояснив спектри випромінювання та поглинання квантів світла атомом водню, але він виявився неспроможним пояснити властивості його основного стану ($n = 1$). До нього призвів сферично-симетричний розподіл заряду у класичній моделі електрона Абрагама. Він призвів до відсутності орбітального механічного та магнітного моментів планетарного атома водню. Ця модель виявилася зовсім непридатною для побудови більш складного атома гелію, що складається з двох дейтронів. Цю проблему вирішила сатурніанська модель атома. Її кільцеві електрони утворюють пару Купера [5], яка має нульовий спін, магнітний момент і подвійний заряд. Її існування пояснює й високий потенціал іонізації атома гелію. Він дорівнює 24.58 eV.

Постулати Бора: *Перший постулат стверджує, що існують деякі стаціонарні стани атома, у яких він не випромінює енергії.* Цим стаціонарним станам відповідають стаціонарні орбіти, по яких рухається електрон під дією двох доцентрових сил однакової величини і напрямку. Цей прискорений рух електрона має призводити до неперервного випромінювання енергії.

Причина таких некласичних властивостей руху електрона навколо протона була встановлена С. Скибинським [6] у 2019 р. Він довів, що на рух планет та їх супутників у сонячній системі діють дві сили доцентрова та відцентрова сила інерції. Ці сили утворюють стан невагомості космічних тіл та вічність руху планет навколо Сонця, супутників навколо планет, кілець Сатурна та інших планет. Він застосував це відкриття для пояснення відсутності прискореного руху електрона навколо протона та його випромінювання при поверненні до основного стану сатурніанського атома водню.

Другий постулат стверджує, що в стаціонарному стані електрон, що рухається по кільцевій орбіті, повинен мати квантовані значення моменту імпульсу, що задовольняє умові $\hbar/2\pi$. Вона буде розглянута згодом. А зараз відмітимо, що сатурніанська модель атома водню не має кільцевих орбіт.

Третій постулат стверджує, що при переході атома з одного стаціонарного стану на інший випромінюється або поглинається один квант енергії. Випромінювання відбувається при переході атома зі стану з більшою енергією у стан з меншою енергією (при переході електрона з одного, більш віддаленого від ядра на більш близький рівень). Поглинання енергії супроводжується переходом електрона у стан з більшою енергією. Цьому відповідає перехід електрона на більш віддалений від ядра рівень. Зміна енергії

атома, що пов'язана з випромінюванням або поглинанням квантів світла, пропорційна частоті цих квантів. Якщо ΔW – зміна енергії атома в наслідок цих процесів, то

$$\Delta W = h\nu. \quad (2.1)$$

Правило частот Бора може бути записане ще й в іншому вигляді. Якщо W_n і W_k енергії атома у двох стаціонарних станах, то

$$W_n - W_k = h\nu_{nk} \quad (2.2)$$

при $W_k < W_n$ випромінювання кванта світла, а при $W_k > W_n$ – його поглинання.

Це дало підставу вважати, що основною помилкою в утворенні моделі та квантової теорії атомів була планетарна модель атома водню Бора з класичною моделлю електрона Абрагама. Бор ввів її для “порятунку” першого постулату, який скасував закони електродинаміки. Потім де Бройль [7] запропонував гіпотезу про хвильові властивості частинок матерії. Вона скасувала закони класичної електродинаміки, зберегла перший постулат теорії атома Бора і “врятувала планетарний атом від колапсу”. На її основі Шредінгер написав основне рівняння квантової механіки [8], яке, на думку Дірака [9], не мало розв'язку.

Далі ми дійшли висновку, що всі атоми речовин мають магнітні властивості. Їхня природа має пояснюватися присутністю в атомах кільцевих електронів, що мають власні магнітні моменти. Його відкрили у 1922 р. Штерн та Герлах [10]. Він виявився таким самим, як орбітальний магнітний момент електрона у планетарному атомі. Це дало нам підставу вважати, що ним має визначатися магнітний момент атома водню у кожному його стаціонарному стані, що він квантований, та що він не планетарний.

З цього випливає, що коректна модель атома водню не повинна мати електронних орбіт та орбітального магнітного моменту, й що природа магнітних властивостей атомів закладена в елементарних частинках, що входять до їхнього складу. Цій умові задовольняє сатурніанська модель атома водню, що складається з ядра та кільцевого електрона [11]. Тоді його магнітний момент повинен визначатися власним магнітним моментом електрона з урахуванням його квантування.

Сатурніанська модель атома водню довела, що спін та магнітний момент електрона квантуються. Стаття про необхідність квантування спіна та магнітного моменту електрона вперше була депонована в 1994 р. [12]. Встановлення сатурніанської моделі атома дало підстави для повернення здорового глузду у класичну електродинаміку.

Недоліки планетарної моделі атома водню з електроном Абрагама привели ще й до винаходів співвідношень невизначеностей Гейзенберга:

невизначеність електрона в імпульсі

$$\Delta p \geq \hbar/\Delta x \geq 1.05 \cdot 10^{-34} / 5 \cdot 10^{-11} \geq 2.1 \cdot 10^{-24} \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с}, \quad (2.3)$$

де $\Delta x = 5 \cdot 10^{-11}$ – невизначеність електрона у координаті;

невизначеність електрона в кінетичній енергії

$$\Delta W_k \geq \Delta p/2m_e \geq 15 \text{ eV} \quad (2.4)$$

та квантів світла за частотою

$$\Delta \nu \geq \frac{\Delta W_k}{h} \geq 3.6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}. \quad (2.5)$$

З цих невизначеностей випливає, що планетарний атом водню нестабільний. У ньому невизначеність електрона в кінетичній енергії перевищує його енергію зв'язку.

До такого ж висновку призводить і невизначеність квантів світла за частотою. Це межа точності, з якою можна вимірювати частоту випромінювання квантів планетарного атома водню в квантовій механіці. Така невизначеність за частотою квантів вказує на те, що дискретного спектра випромінювання в планетарному атомі водню не має бути.

Однак експерименти з вимірювання тонкої та надтонкої структури лінійчатого спектра випромінювання атома водню та зсуву частоти квантів Лемба доводять, що частоту квантів випромінювання атомів можна виміряти з точністю $\sim 10^4$ Гц.

Якщо виходити з цієї точності вимірювань, то співвідношення невизначеностей Гейзенберга повинні мати такі величини:

невизначеність у кінетичній енергії електрона

$$\Delta W_k \geq \Delta v h \geq 6.626 \cdot 10^{-30} \text{ Дж}; \quad (2.6)$$

невизначеність електрона в імпульсі

$$\Delta p \geq \sqrt{\Delta W_k 2m_e} \geq 3.47 \cdot 10^{-30} \text{ кг}\cdot\text{м/с}. \quad (2.7)$$

Ці величини доводять, що швидкість електрона в атомі водню в основному стані не перевищує 4 м/с, що атом є електростатичною системою, та що до нього не може бути застосована гіпотеза де Бройля та співвідношення невизначеностей Гейзенберга, оскільки довжина хвилі де Бройля електрона з такою швидкістю має бути нескінченно великою.

3. Теорія кільцевого електрона. Перша публікація гіпотези про кільцевий електрон з'явилася у друці в 2002 році [13]. Вона впливала з анігіляції електрон-позитронної пари. Згідно з її спіновим балансом, електрон та позитрон повинні мати спіни, що дорівнюють 1, а його власний магнітний момент в основному стані має дорівнювати власному магнітному моменту електрона. Тоді енергії і масі спокою електрона повинна відповідати маса та енергія його внутрішнього руху електромагнітної польової матерії, що визначається зі співвідношення еквівалентності маси та енергії

$$W_e = \hbar_e \omega_e = m_e c^2, \quad (3.1)$$

де \hbar_e – спін електрона в його основному стані; ω_e – кутова швидкість обертання електромагнітної польової матерії електрона; m_e – маса його власного руху з лінійною швидкістю, яка дорівнює швидкості руху електричного струму в електроні.

Співвідношення для визначення спінів електрона та позитрона в основних їх станах можна визначити, якщо ліву і праву частину рівняння (3.1) розділити на кутову швидкість $\omega_e = c/r_e \text{ рад/с}$

$$\hbar_e = m_e c r_e = 1.0558 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}, \quad (3.2)$$

$$r_e = \frac{\hbar_e}{m_e c} = 3.866 \cdot 10^{-13} \text{ м}, \quad (3.3)$$

де r_e – радіус кільцевого електрона в основному стані.

Кільцева модель електрона добре узгоджується зі здоровим глуздом і його будемо застосовувати при вдосконаленні теорії атома водню.

З (3.1) можна визначити і власні значення кутових швидкостей й частот кільцевого електрона та позитрона в основних їх станах:

$$\omega_e = \frac{m_e c^2}{\hbar_e} = 7.7634 \cdot 10^{20} \text{ рад}, \quad (3.4)$$

$$\nu_e = \frac{1}{T_e} = \frac{\omega_e}{2\pi} = 1.2356 \cdot 10^{20} \text{ Гц}. \quad (3.5)$$

Тоді кільцеві електричні струми та магнітні моменти електрона та позитрона в їх основних станах повинні відрізнятися тільки знаками. Для електрона вони будуть:

$$I_e = \frac{e}{T_e} = e\omega_e/2\pi = e\nu_e = -19.774 \text{ А}, \quad (3.6)$$

$$\mu_e = -I_e s_e = -e\nu_e \pi r_e^2 = -9.282 \cdot 10^{-24} \text{ Дж/Тл}, \quad (3.7)$$

де $s_e = \pi r_e^2 = 46.954 \cdot 10^{-26} \text{ м}^2$ – площа контура кільцевого електричного струму електрона в його основному стані.

З формул (3.6) і (3.7) випливає, що зменшення періоду обертання електрона веде до збільшення частоти його струму та зменшення магнітного моменту.

4. Теорія атома водню з кільцевим електроном. На кільцевий електрон, у центрі якого обертається протон, діють дві сили – доцентрова сила Кулона, яку створює протон, та відцентрова сила інерції, що забезпечує стійкість електрона від його колапсу та падіння на протон. Ці сили діють у взаємно протилежних напрямках, компенсують одна одну й

створюють умову інерціального внутрішнього руху польової матерії електрона в електричному полі протона [14]. Цією умовою пояснюється вічність руху кільцевого електрона в атомі водню

$$e^2/4\pi\epsilon_0 r_1^2 n_1^2 - mv^2/r_1 = 0, \quad (4.1)$$

де e^- , e^+ – заряди електрона та протона; r_1 – радіус кільцевого електрона в основному стані; m_e – маса кільцевого електрона; v – стала швидкість обертання кільцевого електричного струму електрона (рух електричного струму зі швидкістю світла без прискорення відбувається без випромінювання його енергії); n – квантове число. Його зростання у формулі (4.1) відбувається при поглинанні фотона електроном. Воно веде до зростання радіуса кільцевого електрона та зменшення доцентрової сили, що зупиняє зростання радіуса електрона при досягненні стаціонарного стану. При його досягненні кільцевий електрон припиняє зростання відстані від протона. Ця зупинка закінчується поглинанням фотона електроном. Отже, формула (4.1) є умовою руху кільцевого електрона без випромінювання, що забезпечує йому нескінченно тривалий період існування. У цей стан електрон приходиться без кінетичної енергії.

Радіус кільцевого електрона в основному стані та наступні дозволені відстані від першого до наступних стаціонарних рівнів n_l можна обчислити за формулою

$$r_1 = r_e \cdot \frac{n^2}{\alpha} = 3.866 \cdot 10^{-13} \cdot \frac{n^2}{7.297} \cdot 10^{-3} = 0.529 \text{ \AA}, \quad (4.2)$$

де $\alpha = e^2/\hbar \cdot c = 7.297 \cdot 10^{-3}$ – стала тонкої структури; першої $r_1 = 0.529 \text{ \AA}$, другої $r_2 = 2.12 \text{ \AA}$, третьої $r_3 = 4.77 \text{ \AA}$, четвертої $r_4 = 8.48 \text{ \AA}$, п'ятої $r_5 = 13.25 \text{ \AA}$.

Ці величини можна знайти за формулою

$$r_n = \epsilon_0 n^2 h^2 / \pi e^2 m. \quad (4.3)$$

Отже, формули (4.2) та (4.3) виражають умову квантування стаціонарних рівнів. До них електрон приходиться без кінетичної енергії. Вона витрачається на гальмування та збудження протона.

Саме так рухається електрон при переході на дозволені стаціонарні рівні збудження сатурніанського атома водню [14].

5. Рівні енергії електронів сатурніанської моделі атома водню. З наведених теоретичних даних випливає, що модель кільцевого електрона та сатурніанська модель атома водню добре узгоджуються з основними принципами класичної механіки та електродинаміки. Вона пояснює й основний його стан.

Повна енергія електрона в сатурніанському атомі складається з кінетичної енергії T при прискореному русі його до ядра та потенціальної енергії U його притягання.

З рис. 1 видно, що при $r_n = 1, 2, 3, 4, \dots$ сатурніанський атом переходить з основного стану до інших стаціонарних станів без кінетичної енергії.

Відзначимо відразу, що рівняння Шредінгера було знайдене для планетарної моделі атома Бора і не може бути використане для сатурніанської моделі.

Визначимо тепер потенціальну енергію електрона у полі ядра атома водню. Потенціал φ точки поля на відстані r від точкового заряду протона буде дорівнювати

$$\varphi = e/4\pi\epsilon_0 r_n. \quad (5.1)$$

Повна потенціальна енергія W_1 електрона, що знаходиться на відстані $r_1 = 0.529 \text{ \AA}$ від позитивного точкового заряду e ядра, дорівнює

$$W_1 = -\varphi e = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_1} \approx -2.177 \cdot 10^{-18} \text{ Дж } (-13.55 \text{ eV}). \quad (5.2)$$

Таким чином, повна енергія електрона в основному стані виявляється від'ємною. Підставляючи в формулу (5.1) значення відстані до стаціонарної точки з (4.3), буде

$$W_n = -m_e e^4 / 8\epsilon_0^2 h^2 n^2. \quad (5.3)$$

Ці величини рівнів енергій є власними значеннями енергій рівнів для сатурніанської моделі атома водню і збігаються з його рівнями енергії, які отримав Бор [15].

Згідно з сатурніанською моделлю атома водню, кільцевий електрон може перебувати у ньому лише з певною внутрішньою енергією. При переході електрона з рівня з меншою енергією зв'язку на рівень з більшою енергією зв'язку різниця між ними випромінюється у вигляді кванта світла. Її випромінює електрон. Якщо початковий рівень із вищою енергією позначити через n , а кінцевий рівень із нижчою енергією через k , то умова частот буде

$$W_n - W_k = h\nu \quad (5.4)$$

де $h\nu$ – енергія випромінюваного кванта.

Початковий і кінцевий енергетичний рівень атома водню, яким відповідають числа n і k , мають енергії

$$W_n = -\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}, \quad W_k = -\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{k^2}. \quad (5.5)$$

Тоді частота кванта світла, що випромінюється при цих переходах, буде

$$\nu = \frac{W_n - W_k}{h} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \left[-\frac{1}{n^2} - \left(-\frac{1}{k^2} \right) \right] = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (5.6)$$

Якщо підставити у цю формулу значення e , m_e , ε_0 і h , то будемо мати

$$\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \approx 3.29 \cdot 10^{15} \text{ сек}^{-1} \quad (5.7)$$

Це число збігається з емпіричним значенням сталої Бальмера K . В наслідок цього формулу (5.6) можна переписати у вигляді

$$\nu = K \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (5.8)$$

при цьому стала Рідберга

$$R_H = \frac{K}{c} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \approx 10967758 \text{ м}^{-1} \quad (5.9)$$

Згідно з формулою (5.7), електрони, що знаходяться на стаціонарних рівнях не повинні випромінювати кванти світла лише тому, що вони знаходяться у стані спокою. Крім того, вони повинні становити певні серії, залежно від номерів енергетичних рівнів електрона n і k . Оскільки початковий енергетичний рівень n завжди більший за кінцевий енергетичний рівень k , то при такому переході надлишок енергії випромінюється у вигляді кванта світла.

Звідси формула (5.9) для всіх можливих спектральних серій буде

$$\nu_{kn} = R_H \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ Гц}. \quad (5.10)$$

З цієї формули випливають усі спектральні серії сатурніанського атома водню:

з $n = 2, 3, 4$ на $k = 1 \dots$ – серія Лаймана;

з $n = 3, 4, 5$ на $k = 2 \dots$ – серія Бальмера;

з $n = 4, 5, 6$ на $k = 3 \dots$ – серія Пашена...

Найбільш загальне уявлення про спектральні серії атома водню дає схема енергетичних рівнів енергії сатурніанського атома водню, що показана на рис. 1 [16].

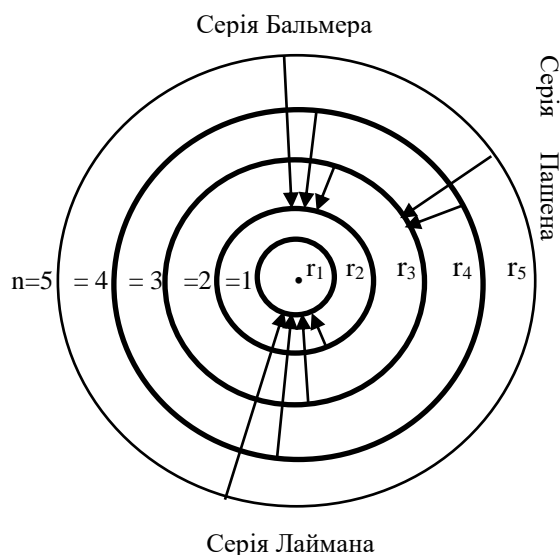


Рис. 1. Схема енергетичних рівнів сатурніанського атома водню: серія Бальмера з $n = 2$ і $k = 3, 4, 5 \dots$, серія Лаймана з $n = 1$ на $k = 2, 3, 4, 5 \dots$, серія Пашена з $n = 3$ на $k = 4, 5 \dots$. Є ще спектральні серії Бреккета, Пфунда та Хамфрі, але їх немає на схемі. Радіуси електронів у стаціонарних станах атомів:

$$r_1 = 0.529 \text{ \AA}, r_2 = 2.12 \text{ \AA}, r_3 = 4.77 \text{ \AA}, \\ r_4 = 8.48 \text{ \AA}, r_5 = 13.25 \text{ \AA} \dots$$

Висновки: З цієї виключно електромагнітної теорії атома водню випливає, що ми вирішили проблему Фейнмана і повернули здоровий глузд у мікросвіт. Він дозволить моделювати фізичні процеси в атомних структурах без гіпотези де Бройля. Це призведе до інтенсивного розвитку нанотехнологій для різних галузей науки медицини, техніки та технологій. Наша теорія привела природним чином до існування в атомі гелію пари Купера та інших аномальних явищ. Такої пари не могло бути у планетарному атомі.

Ми раніше лише торкалися питань імовірного змісту хвиль де Бройля, пов'язаних с частинками, що рухаються. Було також підкреслено, що хвилі де Бройля не електромагнітні, що їх поширення не пов'язане з будь-яким електромагнітним полем. Наша сатурніанська теорія атома вилучила з фізики хвилі де Бройля та їх вплив на рух електронів по орбітах. Важливо також відзначити, що кожен стаціонарний стан атома водню являє собою окремий стан атома таблиці хімічного елемента Менделєєва.

Список використаних джерел

1. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Лекции по физике Фейнмана. Выпуск 3. – М.: Мир, 1976. – С. 46.
2. E. Rutherford. Phil. Mag. – 1911. – Vol. **21** – P. 669.
3. Ю. А. Храмов. Физики. Биографический справочник. Киев, НАУКОВА ДУМКА, 1977. – С. 6.
4. N. Bohr // Phil. Mag. – 1913. – Vol. **26**. – P. 1-25.
5. Сверхпроводимость. Физический энциклопедический словарь/[гл. редактор Прохоров А. М.] М.: Советская энциклопедия. 1983. – С.657.
6. С. Л. Скибинський. Космічні швидкості, Астрономія і сьогодення: матеріали VIII Всеукраїнської наукової конференції. 12 квітня 2019 р., Вінниця / ред. В. Ф. Заболотний, О. В. Мозговий – Вінниця: «ТВОРИ», 2019. – С.92.
7. L. V. De Broglie. Ondes et quanta. – C.R. – 1923. – Vol. **177**. – P. 507.
8. E. Schrödinger // Ann. D. Phys. – 1926. – Vol. 79. – P. 361, 489.
9. П. А. М. Дирак. Лекции по квантовой механике. М.: Мир, 1979, С. 13.
10. Н. И. Карякин, К. Н. Быстров, П. С. Киреев. Опыт Штерна и Герлаха. Краткий справочник по физике. Издание второе. – М.: Высшая школа, 1964. – С. 343.
11. Л. П. Скибинский. Теория атома водорода с кольцевым электроном / Винница, 1994, – Деп. ГНТБ Украины, № 1036. – 12 с.
12. Л. П. Скибинский. Теория кольцевого электрона / Винница, 1994. – Деп. ГНТБ Украины, №1035. – 9 с.
13. L. Skibinskyi. Proceedings of the SPIE/Ukraine are the International Society for Optical Engineering /Ukraine. – Vol. **2**, 91. (2002).
14. П.А. М. Дирак. Принципы квантовой механики. Пер. с англ. – М.: Наука, 1979.

15. Н. Бор. Избранные научные труды. Т. 1 – М.: Наука, 1970. – С. 84.
 16. Б. М. Яворский, А. А. Детлаф, Курс Физики т. 3, (Высшая школа, М. 1972).

SATURNIAN'S MODEL OF THE HYDROGEN ATOM

Leontii Skibinskyi – Doctor of Science
Serhii Skybyskyi – engineer radio electronic

The report discussed the shortcoming of the planetary model of the hydrogen atom. They were solved by the Saturnian's model of the atom with an annular electron on which is acted by two forces is centripetal force that creates a proton and the centrifugal force of inertia. These forces act in mutually opposite directions and compensate each other and create the condition for the internal inertial motion of the matter of the electron in the electric field of the proton. In this model an electron is an annular electric current that has its own magnetic moment and spin which ensures its magnetic properties and the serial emission of photons when the atom returns to the ground state and their absorption upon excitation.

Keywords: Abraham's intrinsic magnetic moment of a spherical electron; de Broglie's waves of the particles matter no has electromagnetic of the properties

ПРОБЛЕМА УТВОРЕННЯ ЛЕГКИХ ЯДЕР 2H, He, Li, Be, B

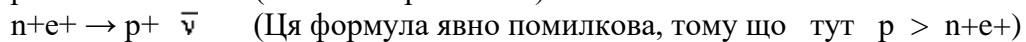
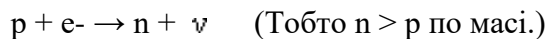
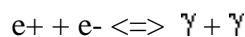
Валерій Кульматицький – канд. тех. наук

Ця робота має на меті дати нове пояснення утворення легких ядер згідно з теорією холодного ядерного синтезу.

Ключові слова: холодний ядерний синтез, легкі ядра Li, Be, B.

Утворення легких хімічних елементів Li, Be, B згідно загально визнаної теорії термоядерного синтезу стикається з великими труднощами через високі температури в надрах зірок, але сучасна наука намагається пояснити це наступним чином:

«Основні реакції:



$\bar{\nu}$ - нейтрино.

В умовах термодинамічної рівноваги можна розглядати можливість утворення нейтрону, або протона, як можливість утворення системи з енергією EN, що дорівнює енергії спокою нуклону.

Імовірність утворення системи з енергією EN описується розподілом Гіббса $W_N = A_e e^{-E_n/kT}$

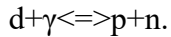
Звідси отримуємо, що в умовах термодинамічної рівноваги співвідношення між числом нейтронів та протонів визначатиметься різницею мас нейтрону та протону.

$$\frac{n_{\text{neutron}}}{n_{\text{proton}}} = \frac{A_e e^{-m_n c^2 / kT}}{A_e e^{-m_p c^2 / kT}} = e^{-(m_n - m_p) c^2 / kT}$$

Утворення електрон - позитронних пар припиняється при $T < 10^{10}$ К, оскільки енергії фотонів стають нижче за поріг утворення e^+e^- - пар (~ 1 MeV). Тому визначення співвідношення між числом нейтронів і протонів для T необхідно взяти значення, рівне 10^{10} К. До кінця рівноважної стадії співвідношення між числом нейтронів і протонів, що дається, наступне: на кожен нейтрон доводиться 5 протонів.

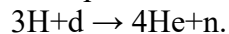
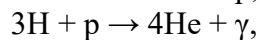
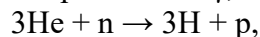
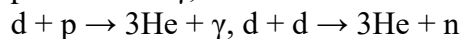
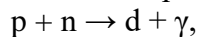
За подальшого аналізу слід враховувати, що нейтрон - частка нестабільна. Період напіврозпаду нейтрону становить ~ 10 хв. Нейтрони розпадаються за схемою

$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ Однак не цей процес здебільшого визначатиме подальшу долю нейтронів. У зв'язку з тим, що щільність нейтронів та протонів велика, вони почнуть активно вступати у взаємодію, утворюючи найлегші ядра d, He, Li. Найбільш простою реакцією на цьому етапі є реакція $p + n \rightarrow d + \gamma$, в результаті якої всі нейтрони виявляються пов'язані в ядрі дейтерію. Енергія зв'язку дейтрона лише 2.23 МеВ. Тому, легко утворюючись, ядра дейтерію також легко розпадаються під дією фотонів.



Найбільш ефективно ядерні реакції з утворенням легких ядер починають відбуватися, коли температура впаде до 109 К.

Основні реакції наступні:



Поки час синтезу дейтерію істотно менше часу життя вільного нейтрону концентрація нейтронів істотно не змінюватиметься і становитиме близько 15% від повного числа нуклонів.

Існує ряд аргументів на користь того, що дейтерій і гелій, які спостерігаються в даний час, утворилися протягом перших декількох хвилин існування Всесвіту в радіаційну епоху:

- 1) високі температури і щільності речовини сприяли синтезу легких елементів;
- 2) через низьку енергію зв'язку (~ 2.23 МеВ) дейтерій є нестійким елементом і не витримує високих температур надр зірок. У зірках дейтерій не створюється, а руйнується;
- 3) у нашій Галактиці, а також у середньому Всесвіті, 1 атом гелію припадає на 10 атомів водню. Це зразкова сталість відношення чисел ядер He і H істотно відрізняється від розподілу більш важких елементів, зміст яких суттєво коливається. Наприклад, кількість важких елементів зменшується при віддаленні від центру нашої Галактики. Це також може бути вказівкою на дозірковий етап утворення гелію.

Вже згадувалося, що протягом перших сотень тисяч років існування Всесвіту температура середовища залишається досить високою ($T > 3 \cdot 10^3 \text{K}$). Речовина на цьому етапі знаходиться в стані плазми, так як енергія, що припадає на частинку, більше енергії зв'язку електронів в атомі. Тільки зі зниженням енергії фотонів нижче цієї межі припиняється процес іонізації речовини. Ядра водню, дейтерію, гелію і літію приєднують електрони і перетворюються на нейтральні атоми

Проблема Li, Be, B

Легкі ядра - ізотопи літію, берилію та бору ${}^6,7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{10,11}\text{B}$ - **не можуть утворюватися у звичайних реакціях нуклеосинтезу у зірках**. Розрахунки показують, що вони мають інтенсивно руйнуватися в реакціях (p, n), (p, альфа) вже при температурах $(2 - 5) \cdot 10^6 \text{K}$. У цих умовах вміст ізоотопів Li, Be, B має становити $< 10^{-13}$ по відношенню до водню. Спостереження ж поширеності цих елементів виявляються майже на 2 - 3 порядки вище. Нестійка природа цих трьох елементів означає, що вони повинні бути синтезовані в середовищі малої щільності, в умовах досить низької температури, щоб запобігти їх згоранню відразу після утворення. Потрібно було підібрати для цього відповідні умови. Були запропоновані різні моделі:

Таким середовищем могла б бути поверхня молодої зірки або зовнішня оболонка газу та щільної речовини, що оточує зірку. При зоряних спалахах протони та альфа-частинки, прискорені до досить високих енергій, могли б руйнувати важкі елементи з утворенням Li, Be, B. Проте, детальні розрахунки показують, що така модель не

проходить. Так, наприклад, для зірок типу Сонця значна частина повної гравітаційної енергії має бути витрачена на необхідне прискорення протонів та альфа-частинок, що суперечить даним.

Li, Be, B могли б утворюватися при спалаху наднової. Зовнішні шари зірки в результаті розширення утворюють туманності або хмари із газу та пилу. Ударна хвиля, проходячи через зовнішні шари, може спричинити реакції розщеплення. Однак така можливість також практично виключається, тому що температура в такому процесі, мабуть, недостатня для утворення енергійних частинок, які можуть викликати реакції розщеплення.

Li, Be, B можуть утворюватися у реакціях розщеплення при взаємодії галактичних космічних променів із речовиною міжзоряного середовища. Ця остання модель нині є загально визнана.» [1,2]. На жаль, і остання модель не є переконливою. Всі труднощі утворення легких ядер усуває лише **теорія холодного ядерного синтезу**, тому що згідно ХЯС протон-протонні реакції можуть йти навіть при дуже низьких температурах в розрідженому середовищі.

Для цього варто лише зрозуміти значення відповідного напрямку магнітних моментів і спінів елементарних частинок, без чого всі вище наведені формули не працюють [3].

Легкі ядра ${}^3\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow \gamma + {}^7\text{Be}$, ${}^7\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7\text{Li} + \nu_e$, ${}^7\text{Be} + \text{H} \rightarrow {}^8\text{B} + \gamma$ можуть утворюватися лише при співпадінні їх магнітних моментів. Через нерозуміння світовою наукою значення магнітних моментів і спінів всі зусилля термоядерників приречені на провал, а протон-протонний синтез йде і сьогодні в надрах нашої планети, утворюючи нові хімічні елементи.

Список використаних джерел:

1. Крамаровский Я.М., Чечев В.П. СИНТЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ ВО ВСЕЛЕННОЙ. - М.: Наука. 1987. - 160 с.
2. Скібінський Л.П. Моделювання альтернативних джерел енергії ядерного синтезу : монографія / Л.П. Скібінський, В.Г. Петрук, Д.В. Мацюк : М-во освіти і науки України, Вінниц. нац. техн. ун-т. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 109 с.
3. Кульматицький В.І. Теорія виникнення всесвіту на основі реакції низькотемпературного протон-протонного синтезу за уточненою фізичною формулою / *Астрономія і сьогодення: матеріали VIII Всеукраїнської наукової конференції*, 12 квітня 2019 р., Вінниця / ред.: В.Ф. Заболотний, О.В. Мозговий. – Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. – С. 57-58.

THE PROBLEM OF NUCLEI FORMATION 2H, He, Li, Be, B

Valery Kulmatytsky - PhD

This paper aims to give a new explanation of the formation of light nuclei according to the theory of cold nuclear fusion.

Keywords: cold nuclear fusion, light nuclei Li, Be, B.

ВИНИКНЕННЯ ЗЕМЛІ, СОНЦЯ, ГАЛАКТИКИ

Валерій Кульматицький – канд. тех. наук

Ця робота має на меті побудувати нову теорію виникнення Всесвіту на основі так званого холодного протон-протонного синтезу експериментально відкритого британцем Мартіном Флейшманом у 1989 році.

Ключові слова: Всесвіт, холодний ядерний синтез, Мартін Флейшман, Андреа Россі.

Британський електрохімік Мартін Флейшман 23 березня 1989 року об'явив про відкриття холодного ядерного синтезу в важкій воді методом електролізу, але був осміяний науковим світом, тому що не мав відповідної теорії цього явища. У 2011 році італієць Андреа Россі продемонстрував установку в якій нікель 58 перетворювався на нікель 62 з виділенням енергії в два рази більшої ніж затрачена. Тобто 4 додаткових нейтрона попадали в ядро нікелю 58 с трансмутацією в нікель 62, що було підтверджено авторитетною міжнародною комісією.

Ці відкриття породили сумніви щодо достовірності утворення всіх хімічних елементів в надрах зірок і утворення планетних систем лише за рахунок гравітації. У 1999 році фізик-теоретик Леонтій Скібінський побудував моделі елементарних частинок протона, нейтрона і електрона, [1,3] які дали змогу пояснити можливість холодного протон-протонного синтезу і утворення зірок в космосі при температурі мінус 270 за Цельсієм.

Побудова протона. Сучасна наука експериментально довела, що матеріальні тіла складається з атомів і молекул. Атоми складаються з ядра і електронної оболонки, а саме ядро – з протонів і нейтронів. Виявилось, що протон і нейтрон – родичі. Нейтрон більш важкий і у вільному стані розпадається на протон, електрон та антинейтрино за формулою:

$$n = p + e + \bar{\nu}_e$$

де n – важкий нейтрон, p - протон, e – електрон, $\bar{\nu}_e$ - антинейтрино.

Ф. Рейнес і К. Коуен відкрили у 1956 році фото розпад протонів на легкий нейтрон і позитрон по схемі:

$$p + \gamma_{0,5} = n + b$$

де p – протон, $\gamma_{0,5}$ - гамаквант 0,5 МеВ, n – легкий нейтрон, b – позитрон.

З цих формул очевидно, що важкий нейтрон n має більшу масу ніж легкий нейтрон p .

Підтвердженням факту фоторозпаду протона слугував факт одночасного виникнення легкого n -нейтрона і позитрона, який зразу ж анігілював з електроном та викидом двох гамма фотонів з енергією 0,511МеВ.

Отже протон виявився складною частинкою створеною легким нейтроном, навколо якого обертається кільцевий позитивний струм, а це є ні що інше, як анти бета частинка. У 1957 році було доведено, що бета частинка має лівий гвинт, а анти бета частинка – правий. Новоутворений протон має позитивний заряд і магнітний момент, доти, поки навколо нього не з'явиться негативний кільцевий струм. Так утворюються атоми водню, які є початковим матеріалом, з якого побудовані всі інші хімічні елементи.

Народження хімічних елементів.

Новоутворені газопилові скупчення заповнюють Всесвіт і під впливом гравітаційних сил починають ущільнюватись у велетенські «хмари».

З часом атоми водню настільки зближуються, що між ними починають існувати сили відштовхування електронних оболонок, але при поглинанні електроном гамма кванту відповідної енергії, частина атомів іонізується. У скупченні водню з'являється деяка кількість протонів, які при певних умовах можуть взаємодіяти між собою з утворенням легкого дейтрона (d) по формулі:

$$p + p \rightarrow d + b + \gamma_{0,42}$$

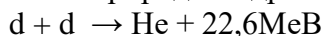
$$p + \gamma_{0,5} \rightarrow n + b$$

$$p + n \rightarrow d + \gamma_{2,21}$$

У цій формулі задіяна ще реакція розпаду протона на легкій нейтрон з випромінюванням гамма кванту. Без цієї реакції взаємодія двох протонів можлива лише при умові їх відповідної просторової орієнтації. Тому витрати мільярдів доларів на спорудження прискорювачів протонів, плазмових пасток, Токамаків для отримання енергії ядерного синтезу, виявились безрезультатними. Це означає, що природа не терпить насилля над собою і, в той же час, вона геніальна в своїй простоті: реакція протон

– протонного синтезу можлива навіть при температурі космічного холоду і йде в природі постійно [2,6].

Другим новонародженим елементом природи є ядро гелію – альфа частинки.



Експериментальне досягнення цієї керованої реакції є каменем спотикання для всіх академій світу, але наявність у Всесвіті величезної кількості гелію говорить про те, що для природи це зовсім просто – треба лише розгадати її секрет.

Після цього α -частинки починають, як цеглинки, будувати всі хімічні елементи, які є в природі, виділяючи при цьому колосальну енергію.

Наприклад вуглець С має 3 α -частинки, кисень О - 4 α -частинки, неон Ne - 5 α -частинок і т.д. Скупчення водню і гелію перетворюється на палаючу зірку.

Народження планет.

З утворенням хімічних елементів з важкими ядрами все сильніше починає діяти закон всесвітнього тяжіння і вони починають рухатись до єдиного центру. Утворюється розпечене ядро, що випромінює високочастотне електромагнітне поле у вигляді гамма квантів.

Відомо, що коли магнітне поле пересікає електропровідне середовище, яким є іонізований газ, по ньому починає протікати електричний струм в певному напрямку навколо розпеченого ядра.

За законом електромагнітної індукції генерується протидіюче поле і вся маса іонізованого газу починає обертатись навколо центру сплюснюючись та ущільнюючись. Утворюється газовий диск, який по спіралі наближається до центру, що призводить до збільшення його швидкості обертання. Одночасно в ньому продовжується процес синтезу важких ядер, що призводить до утворення нових центрів тяжіння, що рухаються по відповідним орбітам за законом Кеплера [4, 5].

Так природа побудувала перший космічний електродвигун.

Ці нові центри тяжіння теж починають розжарюватись і обертатись навколо своєї осі. Поблизу цих нових центрів починає обертатись і маса газу, утворюючи супутники планет. Так утворився супутник Землі Місяць, а також всі супутники інших планет. Процес утворення цих супутників яскраво демонструють нам кільця Сатурну, де процес їх утворення ще не завершився.

Пройдуть мільярди років перш ніж ці маленькі зірочки – планети почнуть охолоджуватись, утворюючи земну кору. Це фактично більш легкий застиглий шлак з гранітів і гнейсів, що плаває по більш важкому рідкому базальту. Так утворився первісний континент, умовно названий Гондвана.

Але процес синтезу в надрах планети і навколо неї продовжується. Як відомо, ядро атому має зовсім малий об'єм. Коли ж воно отримує електронну оболонку, то в надрах планети виникає колосальний тиск, що розриває земну кору на окремі материки. Планети починають рости, збільшуючись в діаметрі. Тому-то Америка відірвалась від Африки і продовжує віддалятися від неї.

Протон-протонний синтез йде в надрах нашої планети і сьогодні. Так утворились океани, моря, океанічні впадини. Наростаючий тиск зменшують вулкани з утворенням островів та землетруси. Неправильним є погляд, що розпечене рідке земне ядро живиться енергією розпаду радіоактивних елементів, тому що в свіжій вулканічній магмі немає високорадіоактивних елементів кобальту, стронцію, цезію та інших. Лише ядерний синтез здатен забезпечити цю енергію протягом мільярдів років. Саме завдяки цьому синтезу найстаріші геологічні породи на Землі мають вік 4,5 мільярдів років, а базальти дна Тихого океану всього 180 мільйонів років.

В ідеальному випадку, розподілення хімічних елементів в рідкому середовищі мало б йти шарами по їхній вазі. В основному так воно і відбулось. На Землю падають

метеорити - уламки планети Фаетон біля Юпітеру, що вибухнула, з чистого заліза. Аналогічним чином утворились зірки і галактики. Висновок: холодний протон-протонний ядерний синтез є базовою реакцією утворення Всесвіту.

Енергетична перспектива людства.

Запаси хімічних видів палива на Землі обмежені і в майбутньому закінчаться. Розвиток ядерної енергетики на поділі ядер урану є тупиковим через забруднення навколишнього середовища радіоактивними елементами, а тому альтернативи керованому ядерному синтезу не існує. Накопичена за кілька століть наукова база даних дає можливість побачити світло в кінці тунелю і дає впевненість у гарних перспективах. Зрозумівши простоту секрету протон-протонного синтезу, винайденого природою, людство обов'язково побудує ядерні реактори синтезу для отримання невичерпного джерела енергії.

Список використаних джерел:

1. Скібінський Л.П. Квантова динаміка. – Універсум, Вінниця, 2000 – 52 с.
2. Кульматицький В.І. Планета Земля – продукт ядерного синтезу. Газета «Подільська зоря» №48 (7789) 21.11.2002 р.
3. Скібінський Л.П. Моделювання альтернативних джерел енергії ядерного синтезу : монографія / Л.П. Скібінський, В.Г. Петрук, Д.В. Мацюк : М-во освіти і науки України, Вінниц. нац. техн. ун-т. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 109 с.
4. Філіпов Л.П. Всесвіт, Земля, життя. – К. : Наукова думка, 1983. – 240 с.
5. Чурюмов К.І. Журнал «Наше небо», №1. - 2009 р.
6. Кульматицький В.І. Виникнення Землі, Сонця, Галактики. «Діло» Вінниця, 2011. – 18 с.

THE EMERGENCE OF THE EARTH, THE SUN, THE GALAXY

Valery Kulmatytskyi - Head of the Vinnytsia regional organization of the UEA "Green World", Doctor of Philosophy in Technical Sciences of the "Ukrainian Academy innovative technologies"

This work aims to build a new theory of the origin of the universe based on the so-called cold proton-proton fusion experimentally discovered by the British Martin Fleischman in 1989.

Keywords: Universe, cold nuclear fusion, Martin Fleischmann, Andrea Rossi.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРОЖИВАННЯ ЛЮДЕЙ ЗА МЕЖАМИ ЗЕМЛІ

ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОТУ ДО МАРСА

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Для захисту людства від можливого самознищення, чи від падіння астероїда необхідно колонізувати певні космічні об'єкти. У цьому сенсі одним з найкращих є Марс. Результати попередніх експериментів мають показати можливості добування там кисню, корисних копалин, палива, енергії, води і продуктів харчування. Дуже важливим є створення систем захисту астронавтів від радіації. Адже на орбіті Місяця і Марса захист астронавтів від радіації відсутній. Тому потрібно розробити спеціальні системи для підтримання життєдіяльності людей протягом тривалого часу. Для забезпечення максимально безпечного перельоту до Марса, необхідно виконати комплекс спеціальних дій. Подорож до Марса суттєво впливатиме на стан здоров'я астронавтів.

Ключові слова: Марс, колонізація, міжпланетна радіація, захист від радіації, освоєння планети.

Для захисту людства від можливого вимирання на Землі чи в результаті самознищення, або ж від падіння гігантського астероїда необхідно колонізувати певні космічні об'єкти. І одним з найкращих у цьому сенсі є Марс [20]. Після значної попередньої підготовки на орбіті Землі, потім на орбіті Місяця і на його поверхні [10, 11], та/або під нею [12, 13], людина має вирушити до Марса. Результати таких попередніх експериментів мають показати, перш за все, можливості добування кисню на тій планеті. Адже саме це питання є дуже важливим для підготовки до майбутньої колонізації Марса [4]. Тому необхідно на автоматичних станціях виконати збір, сортування та подальшу відправку до Землі зразків марсіанського ґрунту з різними породами [3, 17]. І вже у звичних, найкраще – в земних умовах виконати його ретельне дослідження.

Як відомо, подорожі до Марса найкраще здійснювати у моменти близькі до так званих протистоянь, приблизно через кожні 26 місяців, коли планета вирівнюється з Землею на своїй орбіті. Особливості умов на поверхневі Марса, присутність там води, хоч якоїсь атмосфери та порівняно значна гравітація – роблять його, мабуть, найбільш пристосованим об'єктом у Сонячній системі, окрім Землі, для проживання людини. Особливості фізичних характеристик цієї планети [2, 8], її атмосфери [1, 7], рельєфу поверхні [6] та місця присутності водних [5, 9, 18] та інших ресурсів ми розглянемо у наступних роботах. А зараз основну увагу приділимо особливостям підготовки до відправлення першої пілотованої місії до Марса. Адже, на відміну від зондів-роботів, саме людина зможе найкраще провести довгострокові наукові дослідження, відповісти на основні питання щодо умов колонізації космосу, включаючи економічні інтереси тощо.

Зрозуміло, що перед відправкою людини на Марс потрібно запустити туди декілька безпілотних місій. Їх завданнями має бути доставка на поверхню планети кількох дослідницьких посадкових модулів для цілеспрямованого і детального вивчення атмосфери, умов на поверхні, внутрішньої будови планети тощо. Плани цих польотів, із врахуванням черговості запусків через кожні 26 місяців, потрібно розбити на декілька пунктів. На початку, потрібно відправляти спеціалізовані дослідницькі системи та роботів-будівельників. І тільки після завершення підготовчих місій можна запустити першу пілотовану місію. Але, на нашу думку, перед нею має бути поставлена задача не висадки на Марс, а лише обліт довкола планети і успішне повернення на Землю.

Основним має стати вивчення умов для людини при такому тривалому перебуванні у невагомості. І особливо, при цьому польоті, слід звернути увагу на захист людського організму від впливу міжпланетного радіаційного впливу.

У рамках підготовки навіть першої пілотованої місії до Марса, потрібно, наприклад, на орбіті Місяця створити спеціалізовану орбітальну станцію для відпрацювання систем захисту астронавтів від радіації. Адже, якщо на Міжнародній космічній станції (МКС) астронавти перебувають під захистом магнітного поля Землі, то на орбіті Місяця такий захист вже відсутній. І для такої нової космічної орбітальної станції на місячній орбіті потрібно розробити спеціальні системи для підтримання життєдіяльності людського організму протягом тривалого часу (до півтора року) і для захисту від радіації при відсутності потужної магнітосфери Землі. Тобто, на орбіті Місяця необхідно перевірити працездатність всіх систем майбутнього пілотованого міжпланетного корабля.

Ця пілотована космічна місія до Марса займе дещо більше 26 місяців із короткотривалим перебування поблизу Марса. І лише після такої місії, та після розробки і підготовки спеціальних місій з роботами для доставки на поверхню Марса потрібного обладнання, розробок інфраструктурних частин майбутніх поселень та необхідної кількості провізії, має настати час і для перших пілотованих місій із висадкою людей на Марс.

На сьогодні найдовший космічний політ протягом 438 днів виконав космонавт Валерій Поляков. А найтриваліше перебування у космосі за кілька польотів протягом 878 днів здійснив Геннадій Падалка. Тоді як найдовше провели поза захистом радіаційних поясів, майже 12 діб, астронавти з пілотованого космічного апарата (КА) «Аполлон-17» при висадці на Місяць. Зрозуміло, що перебування на міжпланетній станції, як і в колоніях на поверхні Марса, також не захищатиме від міжпланетної радіації. Тому таке оточення може дуже негативно вплинути на значну кількість різноманітних біологічних функцій. А через високі рівні міжпланетної радіації існує велика кількість побічних ефектів, вплив котрих потрібно суттєво пом'якшити. Наприклад, відсутність гравітації негативно позначається на людському організмі, ослаблюючи кісткову і м'язову масу.

На поверхні Марса, як і при міжпланетній подорожі, також присутні серйозні радіаційні проблеми. І вони суттєво погіршують стан серцево-судинної системи, пригнічують процеси розмноження, викликають інші важкі захворювання. Такі обставини потребують дуже ретельного моніторингу отримуваної організмом астронавта радіації. Також зрозуміло, що для зменшення кількості радіації, яка поглинається астронавтами, необхідно розробити спеціальні захисні системи. За нинішніх технологій політ до Марса триватиме до 360 днів, астронавти можуть отримати близько 600 мілізівертів випромінювання. Астронавти, які проводять шість місяців на борту МКС, отримують приблизно 100 мілізівертів. Тому, наприклад, необхідно змінити устрій реактивних двигунів, які прискорять політ до Марса, а також продумати додатковий захист космічних апаратів.

Радіація у космосі це іонізуюче випромінювання, яке випромінюється під час процесів на Сонці, вибухах наднових, від акреції на диски чорних дірок, при викидах із квазарів тощо. За фізичними властивостями радіацію розділяють на фотонне (рентгенівські і гамма-промені) та корпускулярне випромінювання (електрони, протони, альфа-частинки, важкі заряджені частинки, вторинні нейтрони). За джерелом космічне випромінювання ділять на сонячне і галактичне (включаючи і позагалактичне). Поділ на типи випромінювання є важливим для розуміння специфіки конкретних міжпланетних польотів. Наприклад, у космосі вплив гама променів є незначним; потоки нейтронів виникають лише при взаємодії космічних променів із атмосферою, із ґрунтом чи з корпусом космічного корабля. У відкритому космосі найбільш небезпечними частинками виявилися протони (тобто, ядра атомів водню), альфа частинки (ядра атомів гелію) і ядра атомів дещо важчих хімічних елементів.

Навколо Землі існують так звані радіаційні пояси невеликої протяжності. Космічний корабель, який відправляється у міжпланетний простір, перетинає найбезпечнішу їх частину за час менше від півгодини.

Оцінюючи радіаційний вплив оперують такими одиницями: у греях вимірюють енергію поглинутого випромінювання, а в зівертах – так званий біологічний еквівалент для цього ж випромінювання. Відмінності між ними визначаються фактором, який називають «коефіцієнт якості». Він якраз і вказує на ступінь згубності для організму впливу радіації. Наприклад, однакова доза від впливів гамма і нейтронного випромінювання у греях, у зівертах – для потоків нейтронів – буде майже у 20 разів небезпечніша для організму людини.

У космонавтиці застосовували різні методи реєстрації радіаційного впливу. Один із них показував існуючий радіаційний фон у реальному часі; ще один – накопичував радіаційний вплив і дозволяв оцінювати сумарно отримувану дозу. Скоріше всього, на борту кожного корабля потрібно мати можливості оцінювати дозу, накопичену усередині житлового відсіку корабля, а також кожен астронавт має бути забезпечений обома типами дозиметрів. Наприклад астронавти КА «Apollo» мали на собі активні дозиметри та пасивні детектори. А на МКС та на місячних апаратах присутні напівпровідникові кремнієві детектори.

Радіаційний вплив на орбіті навколо Місяця та на самому Місяці розпочали вивчати ще до початку запусків пілотованих польотів. Наприклад, першою на поверхню сіла станція «Луна-9». Вона мала на борту лише лічильник Гейгера. Наступною буда орбітальна станція «Луна-10». На ній було вже декілька детекторів, розрахованих на різні типи випромінювання. На всіх п'яти апаратах «Lunar Orbiter» астронавтами у 1966-67 рр. ретельно реєструвалися радіаційні умови як на шляху до Місяця, біля Місяця, так і на його поверхні. Також на всіх орбітальних апаратах велися дозиметричні дослідження (Рис. 1).

По дорозі до Марсу та навколо нього космічну радіацію вивчали за допомогою американського приладу RAD, який був установлений на марсоході «Curiosity» [19, 21], та спеціальним приладом на європейському орбітальному зонді «ExoMars» [14-16]; а міжпланетна автоматична станція «Rosetta» пролетіла поряд з Марсом, облетіла навколо Юпітера, та підлетіла до комети 67P Чурюмова-Герасименко. Дослідження показали, що усереднена доза у міжпланетному просторі становила до 0.5 мілігрей за добу. У перерахунку на біологічний еквівалент це становило майже 2 мілізіверти. Стільки ж на рівні моря людина отримує за півроку; на борту Міжнародної космічної станції така ж доза набирається майже за 4 дні.

Порівняння сонячного та галактичного типів радіації дозволило отримати висновок про те, що хоча склад обох типів променів майже однаковий (протони, альфа-частинки та важкі ядра), але вони суттєво відрізняються кількісно та своєю енергією. Так, заряджених частинок від Сонця значно більше; проте їх енергія суттєво менша. Такі особливості і визначають відмінності у можливих засобах захисту.

Вважали, що головна радіаційна небезпека у космічному просторі йде від сонячних спалахів. Але вимірювання на КА «Curiosity», «LRO» та «Rosetta» за межами магнітосфери Землі виявили, що вклад сонячних спалахів у сумарній накопиченій дозі цими космічними апаратами є меншим від 25%. Разом ці три апарати набрали відповідну сумарну статистику протягом більше 15 років. Але жоден із апаратів не потрапив під потужний сонячний спалах.

Хоча модельні розрахунки показують, що кожен спалах здатний надати кожному члену екіпажу до 4 зівертів всього за декілька днів. Така доза може викликати променевою хворобу з ризиком смертельного результату. Тому головне – це не потрапити під пряме бомбардування від сонячного спалаху, який є досить направленим. Проте, хоча сонячні спалахи є небезпечними, але від них є можливість спробувати захиститися. Адже

дослідження показують, що відмінності у вимірах доз радіації від потужного сонячного спалаху між дозиметром, розташованим на сонячному боці космічного апарату і в його тіні – є суттєвими.

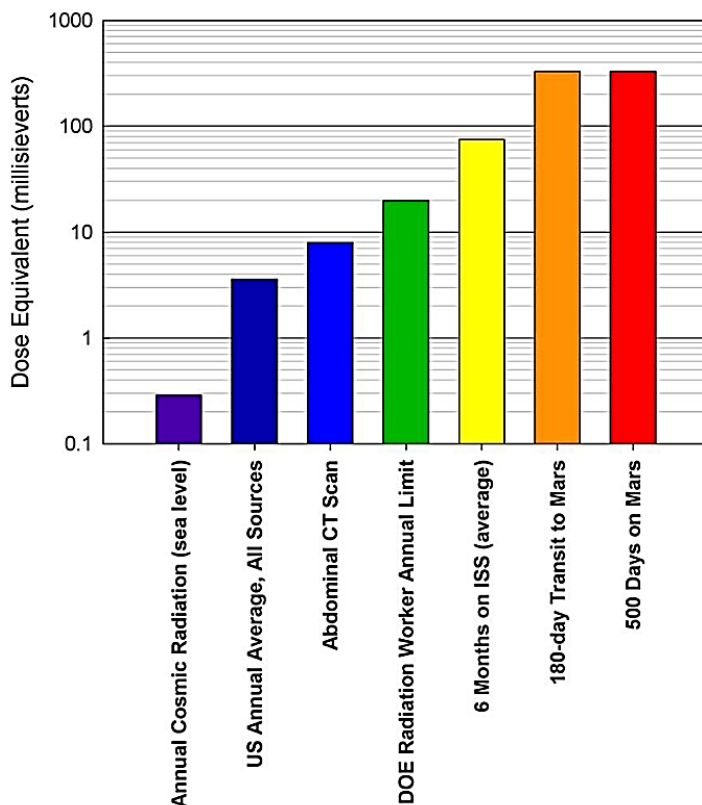


Рис. 1. Порівняння доз опромінення астронавта при його перебуванні у різних частинах Сонячної системи (<https://opik.fyysika.ee/media/img/exp/id-229554.v-f5ubn.w-1400.jpg>)

Деякі оцінки дозволяють припустити, що незважаючи на дуже серйозну небезпеку потужних сонячних спалахів, при міжпланетних польотах, вони все ж мають малу ймовірність «поцілити» в пілотований апарат. Тому основна радіаційна шкода при польотах до Марса походить від значно потужніших галактичних космічних променів. Підібрати штучний захист від них – є мало можливим. Адже галактичні космічні промені майже безперешкодно проходять навіть через 0.5 м алюмінію. Та й надходять вони до космічного апарату зі всіх боків.

Спеціально поставлені дослідження показали, що при рєстрації потоків різного типу заряджених частинок в земній атмосфері, їхня інтенсивність у періоди підвищеної сонячної активності зменшується у два-три. Було виявлено, що викиди заряджених сонячних частинок та відповідні викиди сонячних магнітних полів – суттєво гальмують і розсіюють галактичні космічні промені. Таке явище назвали сонячною модуляцією галактичних променів. А короткочасне зменшення інтенсивності галактичного космічного випромінювання при сонячних спалахах – названо «Форбуш-ефектом».

Таким чином, для забезпечення максимально радіаційно безпечного перельоту до Марса, необхідно дотримуватися наступних умов: якомога зменшити тривалість перельотів, летіти у періоди максимумів сонячної активності, при польоті потрібно розвертатися паливними відсіками до Сонця, житлові відсіки необхідно максимально обкласти допоміжним обладнанням, запасами води, продуктів тощо.

Та все ж, при подорожі до Марса за пів року, астронавт отримає до 60% від рекомендованої дози радіації; і ще стільки ж – на зворотному шляху. Зрозуміло, що

накопичені астронавтами в міжпланетному просторі радіаційні дози, будуть у кілька сотень разів більшими від доз, накопичених людиною за той же час у земних умовах на рівні моря. Також, це у кілька разів більше, від доз отримуваних астронавтами, що працюють на Міжнародній космічній станції.

Сказане вище говорить про те, що сама подорож до Марса дуже суттєво впливатиме на стан здоров'я астронавтів з боку радіації.

Список використаних джерел:

1. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
2. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
3. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.*
4. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.
5. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakoff K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
6. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
7. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
8. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
9. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
10. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
11. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.
12. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostyuk". - 241 p. P. 43-48.*
13. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
14. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.
15. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? *Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.*
16. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. *Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life. 2014. 3005.*
17. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. XX International scientific conference "Astronomical School of Young Scientists". Uman, Ukraine, p. 9-12.
18. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists. May 23-24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine, p. 91-93.*
19. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. *Astronomical School's Report* 10 (1), 6-19.
20. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.

21. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.

FEATURES OF THE FLIGHT TO MARS

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

To protect humanity from possible self-destruction or from the fall of an asteroid, it is necessary to colonize certain space objects. In this sense, one of the best is Mars. The results of previous experiments should show the possibilities of extracting oxygen, minerals, fuel, energy, water and food there. It is very important to create systems to protect astronauts from radiation. After all, there is no radiation protection for astronauts in the orbit of the Moon and Mars. Therefore, it is necessary to develop special systems for maintaining people's vital activities for a long time. To ensure the safest possible flight to Mars, it is necessary to perform a set of special actions. A trip to Mars will significantly affect the health of astronauts.

Key words: Mars, colonization, interplanetary radiation, radiation protection, development of the planet.

ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ЗМІН КЛІМАТУ НА МАРСІ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Марс – четверта від Сонця після Землі планета. При наземних спостереженнях на поверхні Марса спостерігалися світлі (материка) і темні (моря) деталі. Обертання Марса є прямим. Вважають, що раніше на Марсі була вода, й по його поверхні текли ріки. Марс колись міг мати практично земну кисневу атмосферу і запаси води у вигляді морів і річок. Атмосфера й вода були втрачені після потужного бомбардування метеоритами великих розмірів. Грунтуючись на даних, зібраних марсоходами й орбітальними апаратами, вдалося відновити етапи змін клімату Марса.

Ключові слова: Марс, атмосфера, зміни клімату на Марсі, вода на планеті.

Марс – наступна від Сонця після Землі планета. Мінімальна відстань між планетами не завжди співпадає з моментом протистояння. Через значний ексцентриситет орбіти (0.093) найменша відстань між Землею і Марсом у протистояння через кожні 26 місяців змінюється від 55 до 101 млн км [29]. Інтервал часу між двома найближчими великими протистояннями, коли відстань між планетами менша 60 млн км, коливається в межах від 15 до 17 земних років. Тому умови спостереження з поверхні Землі залежать від того, наскільки близький він до перигелію, чи афелію [10].

Оскільки орбіта Марса знаходиться зовні земної, то під час наземних спостережень інтервал зміни фазового кута обмежений ($\alpha \leq 47^\circ$) [5, 6, 27]. Але в періоди протистоянь Марс можна спостерігати упродовж усієї ночі [30]. Форму Марса з високою точністю було визначено за даними радіозатемнень космічного апарату (КА) “Марінер-9”, який обертася навколо планети по нахиленій на майже 64° до площини екватора орбіти. Статистичний аналіз даних цих експериментів дав можливість визначити середній радіус Марса 3396.2 км. При наземних спостереженнях на поверхні Марса спостерігалися світлі і темні деталі. За ними було визначено період його обертання навколо осі ($24^{\text{h}}37^{\text{m}}22.6679^{\text{s}}$). Обертання Марса є прямим. Крім материків і морів у полярних районах спостерігаються дуже світлі плями, потужність яких сезонно змінюється в часі [14] та які називають *полярні шапки*.

Вважають, що раніше на Марсі була вода, й по його поверхні текли ріки [11, 16, 17, 21, 26, 33]. Цілком можливо, що там могла бути значна кількість кисню, завдяки якому Марс і набув червоного кольору. Адже атмосферний кисень тоді міг окислити місцеві породи. А основу поверхневого шару ґрунту складають продукти вивітрювання із червоно-бурих оксидів заліза з домішками глини та сульфатів кальцію й магнію (20%). Багато також там знайдено окислів тривалентного заліза (до 20%). Відомо, що подібна кора утворюється лише в умовах достатку води і вільного кисню в атмосфері.

Марс колись міг мати практично земну кисневу атмосферу [15] і запаси води у вигляді морів і річок. Згідно деяких припущень, атмосфера й вода були втрачені після потужного одноразового бомбардування метеоритами великих розмірів.

Про можливе бомбардування говорять збережені метеоритні кратери, та велика кількість на поверхні магнітного піску, який утворюється лише при окисненні магнетиту й одночасному сильному його прожарюванні. Для цього потрібна одночасна атака десятків досить великих уламків. Дослідження КА «Пасфайндер» показали, що марсіанський пил містить значно більше магнію й заліза, ніж скельні породи. Про активне бомбардування поверхні Марса, при якому з неї вибивалися уламки речовини, говорять ударні кратери з розміром більше кількох кілометрів.

На пристальну увагу заслуговує ланцюжок з 5 гігантських кратерів: Argyre, Hellas, Isidis, Thaumasia, Utopia. Вони лежать на дузі великого кола. Близький вік і особливості їх розташування дозволили запропонувати, що вони утворилися в результаті одного катаклізму [22-24]. Він міг бути спричинений розпадом і падінням фрагментів великого астероїда. Аналіз отриманих даних показав, що він міг мати до 1000 км у діаметрі.

А через близькість до Головного поясу астероїдів, висока імовірність могла бути для зіткнення Марса із залізним астероїдом. Виходячи з глибини і профілю кратера Еллада, матеріал астероїда, що впав на Марс, мав велику густину. Вірогідно, що астероїд майже цілком складався із заліза. Дослідження показують, що при зіткненні планети з астероїдом могла утворитися потужна ударна хвиля, яка добігла до протилежної півкулі, і сфокусувала хвилю симетрично до кратеру Хеллас [9, 30]. Це привело до утворення найвищого в Сонячній системі вулкану Олімп [28, 32]. На рис. 1 видно межі виходу речовини кори, ніби вичавленої ударною хвилею як поршнем із середини планети.

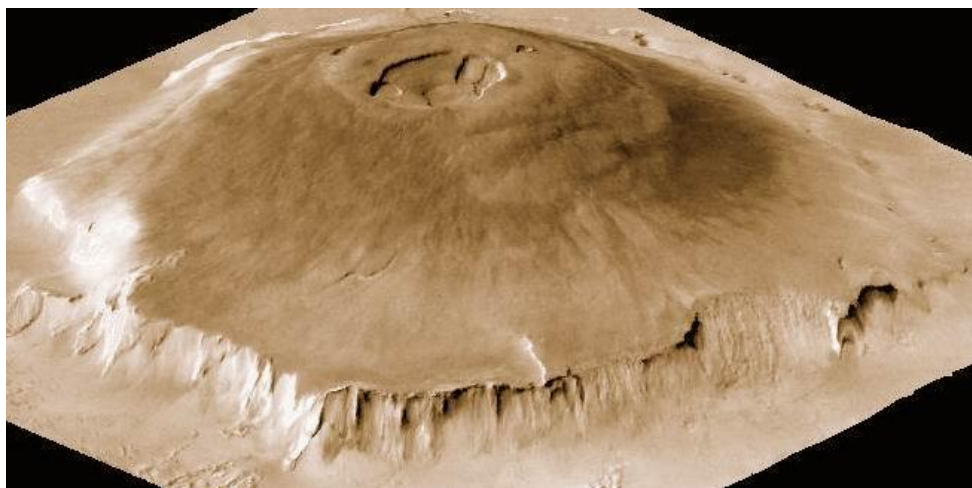


Рис. 1. Навколо вулкану Олімп видні межі виходу речовини кори, видавленої із середини Марса (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

На карті на рис. 2 синім і зеленим кольорами зображені рівнинні поверхні. Вважають, що вони могли утворитися за участю води морів та океанів. А у північній півкулі на поверхні Марса виявлено сліди водної ерозії типу русел річок і промитих водою каньйонів. Рельєф у південній півкулі вкритий викидами із кратера Еллада. Саме

навколо нього можливі свідчення життя були б поховані потужним шаром викинутих порід [7, 12, 20]. Глибина воронки досить значна для того, щоб у викидах з неї могли опинитися породи, характерні для значних глибин [13, 31]. Тому окислення розігрітого заліза астероїда могло б практично миттєво вивести із атмосфери Марса майже весь кисень [3, 4].

Це підтвердило виявлення на поверхні Марса таких мінералів як хризоліти й олівіни апаратурою марсоходів у 2004 р. Такі глобальні зіткнення вплинули на щільність атмосфери і на загальний клімат на Марсі. По розрахунках, до цієї події, тиск атмосфери міг бути до 400 мбар. Зараз же – максимум 12 мбар у найглибших місцях. Тоді на Марсі могла бути вода у відкритих водоймах і навіть річки, що впадали у достатньо крупні моря; особливо в північних низинних областях. Могутнє зіткнення повинне було за відносно невеликий проміжок часу привести до того, що Марс позбувся майже всіх запасів води на поверхні, перетворившись на безводну пустелю.

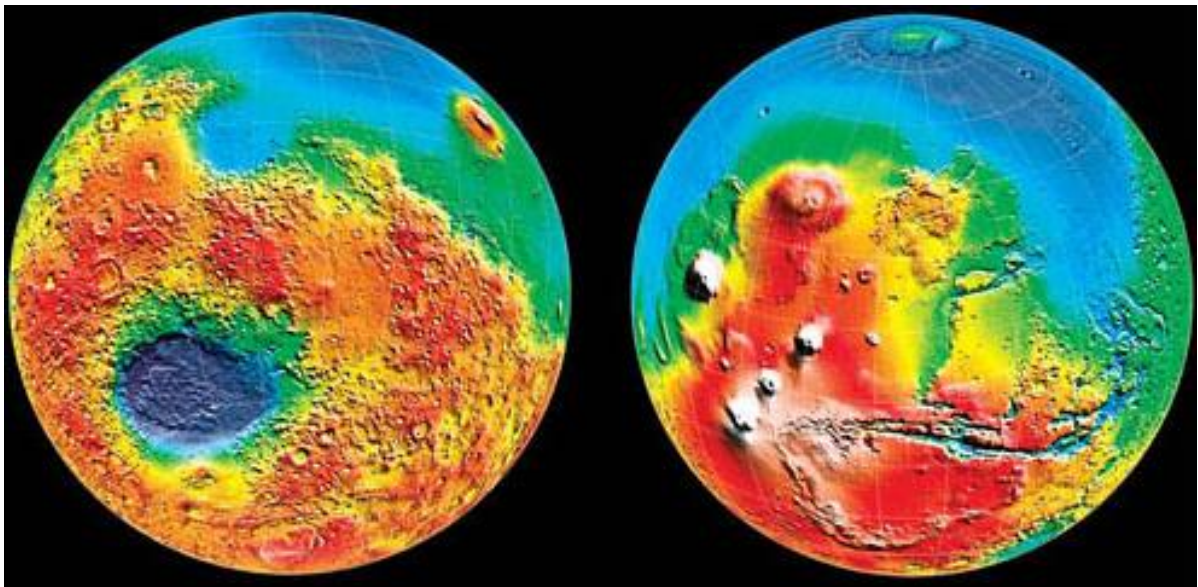


Рис. 2. Топографічна карта Марса, отримана в результаті роботи КА «Марс Глобал Сервейор» (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Свідченням цього можуть бути реліктові залишки стародавніх полярних шапок у вигляді темних областей на екваторіальних широтах. Деякі з них можуть містити запаси льоду, приховані в надрах Марса і в нашій діні. В давнину після зникнення рідкої води з поверхні основним її джерелом стали полярні шапки. І якщо поклади льоду ще залишилися під поверхнею Червоної планети, то тепер шукати їх потрібно і в екваторіальній області. Тобто близько 4-4.5 млрд років тому Марс міг бути вологою планетою. Дослідження мінералів на поверхні Марса показує, що планета за весь період свого існування пройшла як мінімум три масштабні геологічні ери. Ґрунтуючись на даних, зібраних марсоходами й супутником «Mars Express», вдалося відновити ці етапи розвитку Марса [29].

В першу Phyllosian геологічну еру, яка розпочалася 4.5 млрд. років тому та тривала понад 500 млн. років, Марс був дуже вологою планетою. Це було видно по тому, що породи, що належать до неї, зазнали значної ерозії [8]. Вони містять глинисті мінерали філосилікати, шамозит тощо. Для їх утворення потрібно багато води, температуру трохи вищу за 273К та низьку кислотність. Причому, ділянок з такими породами, розкиданими по всій планеті, зараз виявлено тисячі.

Після глобальної зміни клімату, котра імовірно була викликана вулканічною активністю, розпочалася нова Теїкіанова (Theikian) ера. Вона тривала від 4 до 3.5 млрд.

років тому. Через значні вулканічні викиди [25] в атмосферу Марса почала поступати величезна кількість сірки. По цій причині навколишнє середовище стало кислим, а вода могла вступати в реакцію із сірчаними сполуками, та утворювати сульфати. Тому планета почала осушуватися. Свідченням цього стала наявність гіпсу й гематиту [18, 19].

Близько 3.5 млрд. років тому розпочалася третя, так звана Siderikan ера. В той час почали утворитися залізні окисли, що не гідратувалися та могли надавати планеті червоного кольору. І якщо зараз Марс є пустелею, та 4 млрд. років тому на планеті вивергалася значна кількість вулканів, планету окутувала щільна газова атмосфера, а вода дощами і снігом живила моря та озера. Згідно різних оцінок, це тривало від 0.5 до 1.5 млрд. років. За цей час умови на планеті від тих, що були на тодішній Землі – почали змінюватися; планета охолоджувалася, активність вулканів знизилась і зменшилися викиди газів в атмосферу.

Оскільки Марс практично у два рази є меншим від Землі, має меншу силу тяжіння, то там присутні в повітрі легші елементи не змогла утриматися, і поступово зникали в космосі [1]. Залишалися лише важчі елементи, до яких відноситься діоксид вуглецю. Саме його зараз у марсіанській атмосфері міститься понад 96%. Вода також випаровувалася і частково збереглася у глибині [2]. Там зараз і ведуться її пошуки. Однак, мабуть, ще впродовж мільярда років на поверхні планети могли зберігатися численні озера.

Список використаних джерел:

1. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
2. Goldspiel J.M., Squyres S.W. (2000). Groundwater sapping and valley formation on Mars. *Icarus*, 148, 176-192.
3. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
4. Kahn R. (1985) The evolution of CO₂ on Mars. *Icarus*. 62(2), p. 175-190.
5. Morozhenko A.V., Vid'machenko A.P. (2005) Polarimetry and Physics of Solar System Bodies. *Photopolarimetry in Remote Sensing, NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry*. 161, p 369-384.
6. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.*
7. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 *ISCo AS YS*. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.
8. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 *International scientific conference Astronomical School of Young Scientists*. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.
9. Mouginis-Mark P. (1979) Martian fluidized crater morphology: Variations with crater size, latitude, altitude, and target material. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 84(B14), p.8011-8022.
10. Murray B.C., Ward W.R., Yeung S.C. (1972) Periodic Insolation Variations on Mars. *Science*. 180(4086), p. 638-640.
11. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
12. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th *International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, 2019, LPI Contrib. No. 2089, 6007.*
13. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th *LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.*
14. Vidmachenko A.P. (1987) Manifestation of seasonal variations in the atmosphere of Saturn. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 3(6), p. 9-12.
15. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.

16. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
17. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. Astronomical almanac. 56, p. 225-249.
18. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. Astronomical School's Report 12 (1), p. 14-26.
19. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. May 26-27, 2016, Kyiv, Ukraine, p. 23-27.
20. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. Astronomy and present: materials of 5 ISCo, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostiuk". - 241 p. P. 43-48.
21. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, May 26-27, Kyiv, Ukraine, p. 16-17.
22. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.
23. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
24. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life. 2014. 3005.
25. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. 20 ISCo AS YS, May 23–24 2018, Uman, Ukraine, p. 9-12.
26. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS, May 23–24 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.
27. Vidmachenko A.P., Klimenko V.M., Morozhenko A.V. (1981) Apparent spectral albedos of the disk of Mars in September-October 1977. Solar System Research. 14(4), p. 157-159.
28. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. Astronomical School's Report 10 (1), 6-19.
29. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. MAO NAS of Ukraine, NULES of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.
30. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
31. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.
32. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) Features of volcanic structures on Venus. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Modern directions of scientific research development. 29, p. 195-204.
33. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

HISTORICAL ASPECTS OF CLIMATE CHANGES ON MARS

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozhovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Mars is the fourth planet from the Sun after Earth. During ground observations, light (mainland) and dark (sea) details were observed on the surface of Mars. The rotation of Mars is direct. It is believed that earlier there was water on Mars, and rivers flowed on its surface. Mars may once have had an almost terrestrial oxygen atmosphere and water reserves in the form of seas and rivers. The atmosphere and water were lost after a powerful bombardment by large meteorites. Based on data collected by rovers and orbiters, it was possible to reconstruct the stages of climate change on Mars.

Key words: Mars, atmosphere, climate changes on Mars, water on the planet.

ОСОБЛИВОСТІ АТМОСФЕРИ МАРСА

Анатолій Відьмаченко – д-р. фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Юліана Кузнєцова – наук. співробітник

Помітний вплив на спостереження Марса здійснює розріджена атмосфера планети. Вона містить понад 95% CO₂, до 3% азоту, 1.6% аргону, C (0.06%), H₂O (до 0.1%). На Марсі можна спостерігати різні форми хмар і туманів. В міру піднімання охолодженого повітря на підвищені плато, хмари з'являються над високими горами. Взимку полярні шапки також огортають тумани. Великий вплив на формування клімату має атмосферний аерозоль. Важливу роль при еволюції атмосфери грала й атмосферна дисипація. Хмари водяного льоду і пилу зареєстрували над областями Фарсіда, Еллада та над кількома вулканами.

Ключові слова: Марс, атмосфера, зміни клімату Марса, туман і хмари, вода на планеті.

Марс обертається по орбіті з великою піввіссю 1.524 а. о. та ексцентриситетом 0.093. По цій причині мінімальна відстань між Землею і Марсом у протистояння (тобто кожні 770-790 днів) міняється від 55 до 101 млн км. Тому умови спостереження з поверхні Землі залежать від того, наскільки він близький до перигелію, чи афелію. Тривалість року становить майже 687 земних діб. Оскільки орбіта Марса знаходиться зовні земної, то при наземних спостереженнях інтервал зміни фазового кута обмежений □□□□□□□□). Тому в періоди протистоянь Марс можна спостерігати упродовж усієї ночі. При наземних спостереженнях на поверхні Марса спостерігаються світлі (материки) і темні (моря) деталі. За їх спостереженнями було визначено період прямого обертання планети навколо осі: 24^h37^m22.6679^s. У полярних районах спостерігаються ще й дуже світлі області зі змінною в часі площею. Їх називають полярними шапками. При наземних спостереженнях на диску Марса реєструвались і короткоживучі деталі. Одні з них спостерігались над материками. Їх фотометричний контраст збільшувався зі зменшенням довжини хвилі λ. Тому їм приписали конденсаційну природу. Інші – проявлялися над морями у довгохвильовій ділянці спектра. Їх ототожнили з пиловими хмарами, час життя котрих також обмежувався днями. Проте під час протистоянь розміри хмар починали швидко збільшуватись. І через короткий час вони вже закривали практично всю поверхню непрозорим шаром. Досить помітний вплив на формування поверхні Марса здійснює розріджена атмосфера планети [3, 8, 19]. Марсіанська атмосфера містить понад 95% вуглекислого газу, до 3% молекулярного азоту й 1.6% аргону, C (0.06%), H₂O (до 0.1% й істотно змінюється залежно від сезону). Кисень присутній у вигляді незначних слідів. Атмосферний тиск біля поверхні становить близько 6 мбар і лише у найглибших западинах планети інколи досягає 12 мбар. Однак сильні атмосферні вітри викликають потужні пилові бурі, які іноді охоплюють всю планету і піднімають пил на висоту до 20 км.

На Марсі спостерігаються різні форми хмар і туманів [18]. Вранці туман згущається у долинах. А в міру того, як вітри піднімають поступово охолоджені повітряні маси на підвищені плато, хмари з'являються навіть над високими горами (Рис. 1, ліворуч). Взимку північна полярна шапка також огортається туманом [17]. Подібне явище у трохи менших масштабах спостерігається й на південному полюсі. Полярні області покриті тонким шаром льоду, що є сумішшю водяного льоду й твердої вуглекислоти. Зображення з високим ступенем просторової роздільної здатності [9] показують спіральні утворення й страти від нанесеної вітром речовини. Полярні крижані шапки збільшуються та

зменшуються у відповідності зі зміною пір року. В атмосфері на висоті близько 38 км є слабкий озоновий шар товщиною до 10 км. Він у сотні разів менш потужний від земного. На висоті ≈ 300 км основною складовою атмосфери є атомарний кисень. Його наявність пояснюють фотодисоціацією вуглекислого газу. Адже густина вуглецю С з висотою падає швидше, ніж густина кисню. Починаючи з висоти ≈ 400 км переважним компонентом марсіанської атмосфери стає атомарний водень з концентрацією ≈ 10 тис. атомів в 1 см^3 . Там присутня майже така ж кількість гелію. А на висотах від кількох тисяч до 20 тис. км атмосфера складається практично з чистого водню, утворюючи своєрідну «корону» планети.

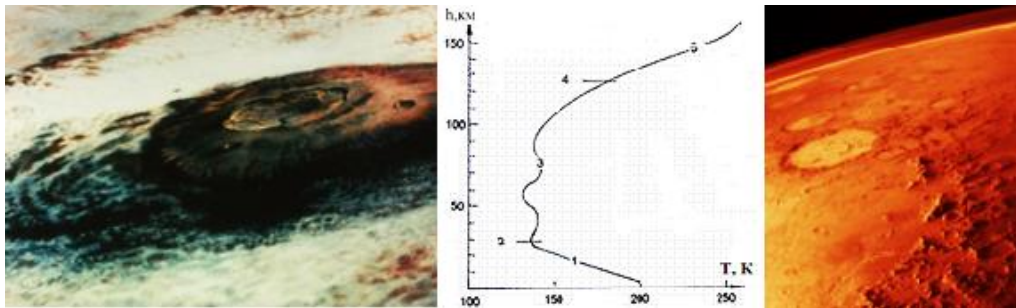


Рис. 1. Ліворуч – на фото з орбітального блоку «Вікінг» видно хмари навколо вулкану Олімп. Посередині – температурний профіль осінньої атмосфери Марса на помірних широтах в N-півкулі: 1 – тропосфера, 2 – тропопауза, 3 – мезосфера, 4 – гомопауза, 5 – термосфера. Праворуч – зображення з космічного апарату (КА) «Вікінг» показує тонку марсіанську атмосферу над областю Argyre (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

У багатьох місцях біля поверхні Марса тиск близький до так званої потрійної точки води: 6.1 мбар [1]. За таких умов на сучасному Марсі відкриті водойми існувати не можуть. Однак вода на планеті є. Адже там знайдено сліди водяної [10] пари в атмосфері, адсорбовану реголітом воду, кристалізовану воду в породах, водяний лід у полярних шапках, у вічній мерзлоті навіть поруч з екватором, солі різного складу й витоки рідкої води із ґрунтових пор на схилах деяких кратерів у тепліших областях у теплий час доби і т. п. І хоча вода на Марсі переважно прихована, її роль у сучасному стані планети досить значна. Адже, за певних умов вона навіть може служити регулятором, що підтримує вміст двоокису вуглецю в атмосфері на постійному рівні.

Із проблемою запасів води й історії клімату тісно зв'язана будова зовнішніх шарів планети товщиною до 10 км. Це завдання найкраще буде вирішуватися за допомогою геофізичних вимірювань «in situ» (сейсмозв'язка, електромагнітне зондування, вимірювання теплового потоку, буріння) і довгохвильової радіолокації з орбітального супутника. Зараз прогнозується, що запас води на Марсі може становити від 100 до 500 м при умові, що рівномірний шар води укріє всю планету. У даний час значна по масі частка марсіанської атмосфери проходить восени через процеси конденсації і випаровування (навесні) двоокису вуглецю у сезонних полярних шапках. Це супроводжується суттєвим меридіональним переносом. Зараз доволі значна кількість двоокису вуглецю не бере участі у сезонних процесах, тому що не встигає, очевидно, випаруватися в північній полярній шапці. А інша частина CO_2 є адсорбованою реголітом.

На Марсі, як і на Землі, великий вплив на формування клімату має атмосферний аерозоль [4, 5]. Періодично, під час проходження Марсом перигелію, цей вплив різко підсилюється. Часто у цей період виникають глобальні пилові бурі [12]. І перенос пилу вітром відіграє значну роль на планеті. Загальний характер будови атмосфери Марса показано на Рис. 1 (посередині). Однак у цілому, наявна кількісна інформація поки все ще недостатня для створення повноцінної моделі загальної циркуляції. Відсутність сучасних океанів [13, 16] на Марсі робить його трохи простішим і дуже корисним об'єктом для

розв'язання завдань такого роду. Для марсіанської атмосфери вивчаються такі характеристики, як її циркуляція, меридіональний перенос із сезонною зміною напрямку, планетарні хвилі у півкулях, внутрішні гравітаційні хвилі, вітри на схилах, теплові припливи. Дослідження в області динаміки марсіанської атмосфери повинні: 1) описати часово-просторову структуру загальної циркуляції тонкої атмосфери (Рис. 1, праворуч); 2) пояснити кількісно зв'язок цієї структури із зовнішніми факторами, такими як розподіл нагрівання й охолодження в глобальному масштабі [6, 7], швидкістю обертання, властивостями поверхні (рельєф, альbedo, тепла інерція); 3) знайти зв'язок цих факторів з переносом пилу й легких атмосферних складових, і, нарешті, з еволюцією клімату. Серед факторів, що впливають на еволюцію атмосфери значну роль відіграють процеси у верхній атмосфері, та взаємодія планети з сонячним вітром. Така взаємодія залежить від величини власного магнітного поля планети [11]. Сонячний вітер індукує магнітні поля в іоносфері, і, отже, необхідно знати їх структуру й поведження з часом для того, щоб дослідити власне магнітне поле Марса. Одночасно з магнітними вимірюваннями необхідно визначати різні характеристики іоносфери й перехідної зони, такі як концентрація й потоки частинок, температуру на різних висотах, а також властивості нейтральної верхньої атмосфери, її хімічний склад і висотну залежність температури. Цілком очевидно, що марсіанська атмосфера еволюціонувала. За деякими уявленнями червоний колір Марса має причиною оксиди заліза, що виникли в результаті його зіткнення з астероїдом, що утворив гігантську область Еллада [15]. Нескладні математичні викладки дозволяють оцінити можливі розміри такого астероїда. Згідно оцінкам масу кисню на Марсі вважають рівною $1.63 \cdot 10^{17}$ кг. Для хімічного зв'язування такої кількості кисню в тверду речовину через процес окислення в окисел заліза буде потрібно атомарного заліза $4.27 \cdot 10^{17}$ кг. Якщо вважати, що астероїд мав форму кулі і складався лише із заліза, то його діаметр, з урахуванням діаметра кратера Еллада, мав бути рівним близько 50 км. Гарячі випари заліза, що утворилися при вибуху, могли розлетітися на величезну відстань і зв'язати значну частину кисню колишньої атмосфери Марса.

Важливу роль при еволюції атмосфери [14, 20] грала й атмосферна дисипація. Водень утікав унаслідок теплової дисипації, а азот, кисень і вуглець могли втрачатися в результаті дії різних механізмів нетеплової дисипації. До них належать, наприклад, дисоціативна рекомбінація, захоплення іонів сонячним вітром і вимітання нейтралів захопленими іонами тощо. Для вивчення еволюції атмосфери необхідно вивчати ці процеси при проведенні прямих вимірювань у верхній атмосфері. Наприклад, атоми водню з верхньої атмосфери Марса повинні були б давно дисипувати у міжпланетний простір. Тому, через їх наявність у сучасній атмосфері планети, і зараз повинне існувати безперервно діюче джерело їхнього поповнення. Із загальних уявлень, основним таким джерелом може бути лише дисоціація водяної пари у шарах марсіанської атмосфери поруч з поверхнею. Тобто навіть тієї невеликої кількості пари H_2O , що є там зараз, цілком достатньо для цієї мети. КА «Вояджер» уперше виявив в атмосфері планети хмари з рідкого аерозолу. Вміст H_2O в атмосфері Марса складає лише десятки мікронів осадженої води. Сезонні і добові варіації водяної пари знаходяться в межах 1-100 мкм. Взимку – атмосфера є практично «сухою». Водяна пара з'являється в ній навесні і до середини літа її кількість досягає максимального значення, слідує за змінами температури поверхні. Протягом періоду літо-осінь водяна пара поступово перерозподіляється; причому максимум її вмісту переміщується від північної полярної області до екваторіальних широт. При цьому загальний глобальний вміст пари в атмосфері за даними КА «Вікінг-1» залишається приблизно постійним і еквівалентним 1.3 км^3 льоду. Максимальний вміст H_2O (100 мкм осадженої води) був зафіксований влітку навколо північної полярної шапки. Саме в цю пору року вода в атмосфері над льодом полярної шапки близька до насичення.

Утворення конденсаційної природи, що періодично появляються в атмосфері Марса, в основному представлені білими хмарами і туманами. Якщо перші були виявлені ще при телескопічних спостереженнях, то другі – відкриті завдяки даним з космічних апаратів. Високо розташовані аерозольні утворення (понад 20 км) в атмосфері переважно утворюються в результаті конденсації CO₂. Такий же процес відповідальний за формування й приповерхневих серпанків у полярних областях. Інфрачервоні спектри цих хмар, отримані з допомогою космічних апаратів, свідчать про те, що ці хмарні утворення переважно складаються з кристалів водяного льоду. Як правило, такі водяні хмари формуються над марсіанською поверхнею на висотах менше 20 км.

Відмічено, що такі хмари утворюються при піднятті повітряних мас по схилах крупних форм рельєфу. Вони також поширені поблизу зимових полярних шапок, коли температура атмосфери опускається нижче точки замерзання CO₂ (147 К). Полярні хмари розташовані на висоті менше 10 км над поверхнею і є тонкими утвореннями з льоду H₂O в літній період і CO₂ взимку. Але навіть вся атмосферна волога при випаданні на поверхню, покрила б її шаром до 10 мкм. В низинах і на дні кратерів у холодний час доби також часто стоять тумани (Рис. 2, ліворуч). Вони складаються з водяного льоду. Прилади на КА «Вікінг-2» в 1979 р. зареєстрували випадання снігу, який пролежав на поверхні кілька місяців (Рис. 2, праворуч).

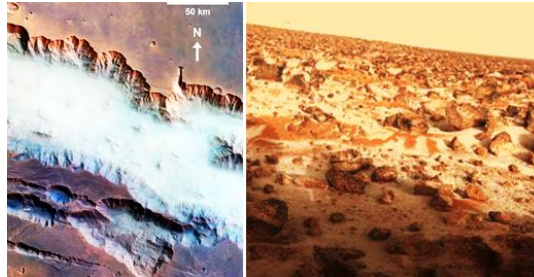


Рис. 2. Зображення ліворуч показує туман з водяного льоду в області Noctis Labyrinthis; праворуч – сніг на поверхні у місті посадки «Вікінга-2» у травні 1979 р. (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

За даними з планетним Фур'є спектрометром на КА «Марс-Експрес» у кінці марсіанського літа у південній півкулі вперше було отримано розподіл хмар водяного льоду і пилу над областями Фарсіда і Еллада. Вдалось зареєструвати достатньо високий вміст однорідно перемішаного пилу на широтах <70°. Такі ж хмари спостерігалися й у північній полярній області над вулканом Олімп, областями Ascræus Mons і Alba Patera. Наявність хмар була підтверджена і прямими зображеннями поверхні Марса. Ефективний радіус частинок у хмарах оцінено в 1-3 мкм; їх візуальна оптична товща – була рівна 0.2-0.4 над горою Олімп і 0.1-0.6 над областю Ascræus Mons. Хмари з водяного льоду спостерігалися на південному схилі Ascræus Mons з максимальною оптичною товщиною над вершиною вулкана. А над горою Олімп хмари були знайдені по обидва боки від вершини [2].

Список використаних джерел:

1. Carr M.H. (1999) Retention of an atmosphere on early Mars. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 104(E9), p. 21897-21909.
2. Grassi D., Formisano V., Forget F., et al. (2007) Fourier spectrometer (PFS-MEX). *Planetary and Space Science*. 55(10), p. 1346-1357.
3. Kahn R. (1985) The evolution of CO₂ on Mars. *Icarus*. 62(2), p. 175-190.
4. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration*,

Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.

5. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.

6. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.

7. Vidmachenko A.P. (1987) Manifestation of seasonal variations in the atmosphere of Saturn. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 3(6), p. 9-12.

8. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.

9. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.

10. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.

11. Vidmachenko A.P. (2012) The magnetic field of planets, satellites and asteroids. *Astronomical School's Report*, 8(1), p. 136-148.

12. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.

13. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostyuk". - 241 p. P. 43-48.

14. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.

15. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.

16. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? *Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments*, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.

17. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS, May 23-24 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.

18. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. *Astronomical School's Report* 10 (1), 6-19.

19. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. MAO of Ukraine, NULES of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.

20. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. *Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference*. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

FEATURES OF THE MARTIAN ATMOSPHERE.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Juliana Kuznetsova – Research Fellow

Observations of Mars are significantly affected by the rarefied atmosphere of the planet. It contains more than 95% CO₂, up to 3% nitrogen, 1.6% argon, C (0.06%), H₂O (up to 0.1%). Different forms of clouds and fog can be seen on Mars. As the cooled air rises to higher plateaus, clouds appear over high mountains. In winter, polar caps are also covered by fog. Atmospheric aerosol has a great influence on climate formation. Atmospheric dissipation also played an important role in the evolution of the atmosphere. Clouds of water ice and dust were registered over the regions of Farsida, Hellas and over several volcanoes.

Key words: Mars, atmosphere, climate changes of Mars, fog and clouds, water on the Mars.

ОСОБЛИВОСТІ РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ МАРСА

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Радіолокаційні спостереження поверхні Марса та лазерна дальнометрія з високою роздільною здатністю по висоті та по трасі – дозволили побудувати топографічну карту Марса з максимальним перепадом висот між вершинами і долинами близько 32 км. Розвиток Марса відбувається в режимі плюмової тектоніки. У північній півкулі планети переважно розташовані порівняно гладкі рівнини. У південній півкулі – в основному поширені вкриті багатьма кратерами припідняті на кілька кілометрів. На Марсі знайдено 5 великих і понад 70 невеликих погаслих вулканів.

Ключові слова: Марс, рельєф, радіолокація, лазерна дальнометрія, плюмова тектоніка.

Радіолокаційні (РЛ) спостереження поверхні Марса були започатковані в протистояння 1963 р. на довжині хвилі 12.5 см [2]. Вони продовжувались у наступні 5 протистоянь. Особливо активними ці дослідження були в протистояння 1971-1975 рр., коли вибирались місця посадки модулів космічних апаратів (КА) «Вікінг-1, -2» [1, 5]. Спостереження з КА «Марінер-6, -7», які пролетіли мимо Марса, започаткували експерименти з бістатичної радіолокації. Це дозволило досліджувати характеристики навіть невеликих за розмірами деталей. Значно більший обсяг спостережних даних було отримано з орбітальних модулів КА «Вікінг-1, -2». Так, виявилось, що значення кута нахилу зменшуються в напрямку з півдня на північ до 4.5°. Особливо це помітно для широт більших 60°. З орбітальних модулів деяких КА проводилась ще й лазерна дальнометрія. Наприклад, з борту КА «Марс Глобал Сервеєр» була проведена детальна дальнометрія з роздільною здатністю по висоті до 0.3 м, та по трасі у 300-400 м.

Геологічні процеси на Марсі – дуже різноманітні. А сама поверхня значно відрізняється по окремих регіонах. Для поверхні планети характерна глобальна асиметрія в розподілі рівнин, які складають до 35% усієї поверхні, і піднесених областей, покритих безліччю різного типу кратерів [4]. Переважна частина рівнин розташована в північній півкулі. Межа між ними в ряді випадків представлена типом рельєфу, названим столовими горами. Це є гори з плоскими вершинами. Древні високогір'я покривають південну півкулю. Вони відрізняються від молодших північних рівнин. На поверхні планети виділяється область Фарсіда, яка в середньому припіднята на 4 км і займає до 15% площі планети. Саме тут розташовані гігантські щитові вулкани. Один з яких – Олімп – є найвищим у Сонячній системі. Тобто, поверхня Марса характеризується так званою дихотомією, коли південна півкуля, древніша і вкрита кратерами, є більш припіднятою. А північна на значних площах вкрита рівнинами і трохи опущена [10].

Значний прогрес у вивченні марсіанської топографії й поверхні планети було досягнуто за допомогою лазерного висотоміра й панорамної камери високої просторової роздільної здатності, установлених на борту КА «Марс Глобал Сервейєр». Середня точність їх вимірювань становила 13 м, а на рівних поверхнях – до 2 м. Вдалося виявити, що пошарова будова верхньої кори є загальною властивістю планети. Так, у Долинах Марінера вона простежується до глибини 10 км. Ця величезна рифтова долина на сході від області Фарсіда, простягається більше, ніж на 4000 км в екваторіальній області Марса при максимальній ширині до 700 км і глибині місцями до 7 км (Рис. 1). Вона розташовується на довготах від 20° до 100°W, а у широтному поясі – між екватором і 15°S. Каньйони Марса значно ширші й глибші, ніж їх земні аналоги.

З допомогою лазерного висотоміра було виконано кілька мільйонів вимірювань. У результаті такої роботи була отримана топографічна карта Марса (Рис. 2). Гори на ній –

жовті й коричневі, а западини – зелені й сині. Максимальний перепад висот між вершинами і долинами на Марсі становить близько 32 км.



Рис. 1. Долини Марінера (<https://mymodernmet.com/valles-marineris-photo-nasa/>)

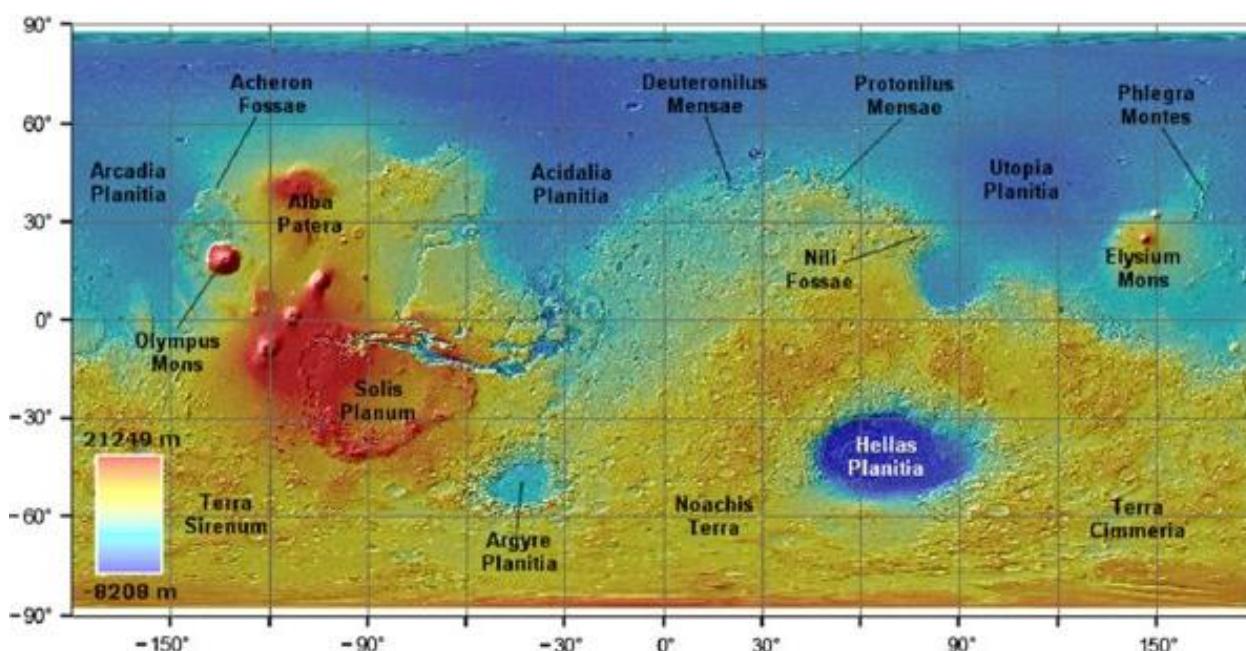


Рис. 2. Карта рельєфу Марса (<https://www.researchgate.net/profile/Bryn-Hubbard/publication/251730490/figure/fig4.jpg>)

Поверхня відліку висот на Марсі до запуску «Марс Глобал Сервейер» визначалася гравітаційним полем у поєднанні з поверхнею, на якій середній атмосферний тиск складав 6.1 мбар [3, 9]. Для визначення висот використовувалися наземні радіолокаційні дані і дані з КА «Марінер-9», «Вікінг-1 і -2». Помилки значень висот склали від 1 до 3 км. Нові висотні відмітки відлічуються від еквіпотенціальної поверхні тривісного еліпсоїда обертання з наступними параметрами: довжина осей еліпсоїда $A=3398.627$ км (1.0°N , 72.4°E); $B=3393.760$ км (0°N , 342.4°E); $C=3376.200$ м (широта 89.0°N , 252.4°E). Нова карта Марса була виконана методом пошарового забарвлення з 21 ступенем висот між горизонталями. До висоти 8 км перетин рельєфу йшов через 1 км; від 8 до 12 км – через 2 км; вище 12 км кольором показаний один ступінь з висотними відмітками вершин.

Вважається, що походження каньйонів пов'язане з рухом плит марсіанської кори декілька мільярдів років тому [6]. Так, центральна частина системи каньйонів є величезним рифтом, сформованим у результаті розколу марсіанської кори. У західній частині цей рифт переходить у широкую зону каньйонів, які назвали Лабіринти Ночі. У східній частині долини Марінера розташована обширна область хаотичних місцевостей. І вже від неї беруть початок декілька найбільших долин; вони йдуть далі на північ і

впадають там у басейн Хрїса. Також вдалося зробити висновок, що на відміну від Землі, яка еволюціонує в режимі добре відомої тектоніки плит, розвиток Марса відбувається в режимі так званої плюмової тектоніки. Один з гігантських мантийних плюмів утворив підняту область Фарсіда, а інший, менш потужний, область Елізіум.

Зображення Марса, отримані зондом «Марс Глобал Сервейор», дозволили розрізнити деталі на поверхні Марса розміром у десятки метрів. Розгляд карти Марса показує, що рельєф північної і південної півкуль помітно розрізняються. Велику частину північної півкулі займають порівняно гладкі рівнини: Велика Північна Рівнина, що тягнеться від північної полярної області, переходить у західній півкулі в рівнини Аркадія, Амазонія, Хрїса і Ацидалійську, а в східному – в рівнини Утопія, Елізій та Ісіда. Ці рівнини лежать нижче середнього рівня поверхні планети. Наприклад, Велика Північна, Утопії і Ацидалійська Рівнини мають глибини в 4-5 км. Рівнини Аркадія, Амазонія й Хрїса розташовані вище на 1 км. У процесі формування північних рівнин важливу роль відігравав, мабуть, підповерхневий лід [11, 17].

У південній півкулі в основному поширені вкриті багатьма кратерами припіднятості на кілька кілометрів. Рівнин там порівняно мало і вони не такі обширні, як у північній півкулі. Це рівнини Еллада [12, 14, 15] і Аргір. Вони мають округлу форму. Тому вважають, що вони утворилися при падінні на Марс крупних тіл [13, 18]. Плато Сирія розташоване на висотах 5-6 км, Плато Сїнай – 3-5 км, Плато Сонця – 3-4 км і т.д. А поблизу екватора знаходиться піднесеність Фарсіда, висотою до 8 км. Над нею підносяться розташовані на одній лінії три згаснувші вулкани: Аскрійський, Павлін і Арсія [16]. На північно-західній околиці Фарсіди розташований найвищий вулкан в Сонячній системі – Олімп. Фарсіду оточує обширна система розломів. Крутизна схилів деяких каньйонів тут досягає 20 градусів. Часто зустрічаються долини, схожі на висохлі русла, які можуть свідчити про те, що в минулому на поверхні Марса існували водні потоки. Більшість таких протяжних долин розташовані в приекваторіальній зоні і лише окремі з них зустрічаються в середніх широтах.

Розподіл висот поверхні в Західній і Східній півкулях Марса показує, що Західна півкуля у середньому дещо вища, ніж Східна. Площа, зайнята рівнинами, практично однакова в цих півкулях. У східній півкулі є вулканічна область, названа Плато Елізій. На ньому розташовано три вулкани, найбільший з них – Елізій – має поперечник у 150 км і висоту до 14 км. Окремі невеликі вулкани можна бачити і в інших областях Марса. У перехідній зоні від піднесеної області до рівнин у північній півкулі знаходяться плосковершинні так звані Столові гори Цидонія, Нілосїрт, Протонїл, Дейтеронїл. Вони розташовані на великому крузі під кутом 35° до екватора. Цей круг відокремлює рівнинну півкулю планети від піднесеної материкової півкулі. Район гір Цидонія характеризується скупченням хаотичних форм, пов'язаних з глобальним уступом шириною більше 100 км. Відмітимо, що саме в ньому були відмічені цікаві форми рельєфу, що отримали назви «піраміди» і «сфінкс». На Рис. 3 проступають 19 пірамід і інших «будівель», з'являються лінії-«дороги» і посередині – дивний круглий майданчик діаметром в кілометр.

«Дороги» проходять не випадковим чином: дві з них підходять до пірамід, відразу три сходяться до круга в центрі. Та й розміри вражають уяву: найбільша центральна піраміда майже вдсятеро перевершує знамениту піраміду Хеопса в Єгипті. Серед численних скельних порід в Цидонійському районі опинився моноліт кілометрової ширини, який зовні нагадував обличчя з ясно помітними людськими рисами і поглядом, оберненим в космос. Побачити це зображення із Землі було неможливо навіть за допомогою телескопів. Лише знаходячись на орбіті Марса, виявилось можливим розгледіти цей феномен.

Побудовані карти показали ще ряд цікавих особливостей форм рельєфу Марса. Так виявилось, що відомі плато Сирія, Сїнай, Дедалія і Сонця – насправді не є рівними плато, а знаходяться на глобальному схилі. Найвищі області – це вулканічні куполи гір на плато

Фарсида й рівнині Елізій. Хоча ці вулкани вже не є діючими, вони, ймовірно, були активними набагато довше, ніж будь-які вулкани на Землі. При цьому гарячі вулканічні точки на Землі з часом змінювали своє місце розташування через поступовий рух континентальних плит. Крім того, менша сила тяжіння дозволяла виверженій речовині утворювати на Марсі набагато вищі структури, які не обрушувалися під власною вагою. Найбільший з погаслих вулканів – Олімп, має підшову діаметром у 700-900 км і кальдеру на вершині поперечником близько 60-90 км.

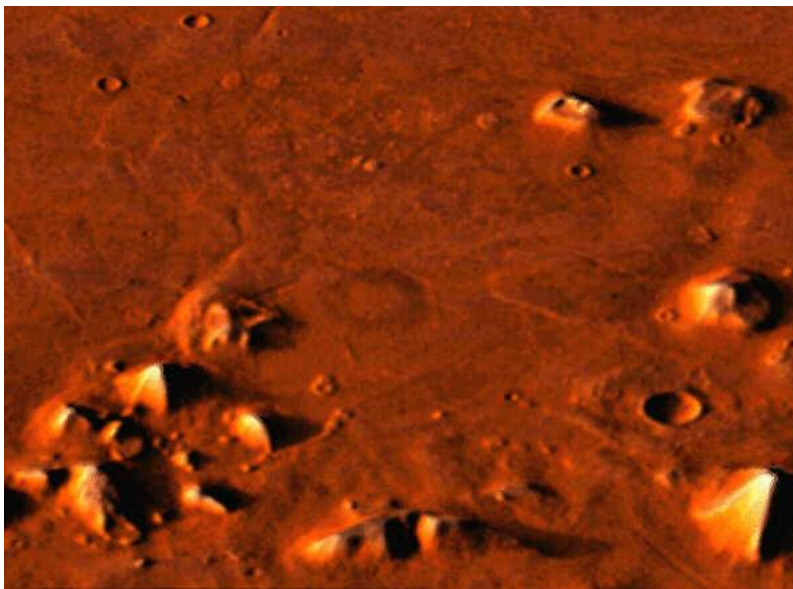


Рис. 3. Скельні породи в Цидонійському районі Марса (піраміди, дороги, сфінкс). (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Інший район древніх вулканів – Рівнина Елізіум – піднімається над навколишнім пейзажем на 5 км. Це величезна вулканічна рівнина з поперечником більше 5000 км. Крім того, на Марсі знайдені ще більше 70 погаслих вулканів. Але всі вони набагато менші і за площею, і за висотою. Серед обширних областей на Марсі вирізняються Плато Сонця, що представляє собою древню вулканічну рівнину з різним мінералогічним складом [8, 19], яка лежить на південь від долин Марінера. При візуальному спостереженні всередині цієї області видно темну пляму змінної форми, яку ще називають «озеро», завдяки чому і вся структура одержала популярну назву «Марсіанське око».

Рівнина Амазонія – представляє собою слабо зафарбовану рівнину в північній екваторіальній області Марса. Вона є досить молода, з віком порід по 10-100 млн. років. Частина цих порід представляє собою застиглу вулканічну лаву. Вулканів у вигляді гір з кратерами в центрі – тут немає, а отже лави прямо виливалися з тріщин марсіанської кори. Особливо цікавим є те, що тут були знайдені сліди великих розливів лави, які відбувалися тут неодноразово. На підставі досліджень цих багатошарових структур, що утворилися в результаті повторних вивержень, можна зробити висновок про те, що, цілком можливо, вулканічні процеси мають місце на Марсі й зараз.

Отримані дані також показали, що Земля Аравія залягає кілометром нижче навколишніх плоскогір'їв. Це може свідчити про те, що регіон у минулому піддавався ерозії. Ерозія могла бути викликана вулканічною діяльністю, льодовиками, вітром. Однак величезні розміри області, що піддалися впливу ерозії, можуть свідчити про те, що ерозія на Землі Аравія, скоріше всього, була викликана проточною водою.

Ще одна обширна кругла ударна западина – Рівнина Аргірі – має 900 км у діаметрі і розташована в південній півкулі Марса. Рівнина Аркадія – розташована в північній півкулі Марса. Там же знаходиться й велика рівнина Утопія з невеликою кількістю

кратерів. Саме вона була місцем посадки КА «Вікінг-2». Панорамні зображення, передані на Землю із спускового апарату «Вікінг», показали поверхню засіяну безліччю валунів, складених з текстурованих порід. Інша Рівнина Хріса – представляє собою кругле плато, скоріше всього – ударний басейн, розташований у північній екваторіальній області Марса, яке було місцем посадки зонда «Вікінг-1».

Список використаних джерел:

1. Downs G.S., Green R.R., Reichley P.E. (1978) Radar studies of the Martian surface at centimeter wavelengths: The 1975 opposition. *Icarus*, 33(3), p. 441-453.
2. Goldstein R.M., Gilmore W.F. (1963) Radar Observations of Mars. *Science*. 141(3586), p. 1171-1172.
3. Kahn R. (1985) The evolution of CO₂ on Mars. *Icarus*. 62(2), p. 175-190.
4. Mouginis-Mark P. (1979) Martian fluidized crater morphology: Variations with crater size, latitude, altitude, and target material. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 84(B14), p.8011-8022.
5. Pettengill G.H., Shapiro I.I., Rogers A.E.E. (1973) Topography and radar scattering properties of Mars. *Icarus*, 18(1), p. 22-28.
6. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
7. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, 2019, LPI Contrib. No. 2089, 6007.
8. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
9. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
10. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
11. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
12. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP “NP Kostyuk”. - 241 p. P. 43-48.
13. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the “young” Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
14. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? *Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments*, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
15. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. *Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life*. 2014. 3005.
16. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. 20 ISCo AS YS, May 23–24 2018, Uman, Ukraine, p. 9-12.
17. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS May 23–24 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.
18. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
19. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 ISCoAS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.

FEATURES OF THE RELIEF ON THE SURFACE OF MARS.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Radar observations of the surface of Mars and laser's distance measurement with a high resolution in height and along the route - made it possible to build a topographic map of Mars with a maximum height difference between peaks and valleys of about 32 km. The development of the surface of Mars takes place in the regime of plume tectonics. In the northern hemisphere of the planet, relatively smooth plains are mostly located. In the southern hemisphere, elevations of several kilometers are mostly common, covered with many craters. 5 large and more than 70 small extinct volcanoes have been found on Mars.

Key words: Mars, relief, radar, laser ranging, plume tectonics.

ДУЖЕ «СВІЖІ» КРАТЕРИ НА ПОВЕРХНІ МАРСА

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Для пояснення появи льоду на низьких широтах, вологість марсіанської атмосфери на момент утворення там криги мала бути значно вищою, ніж зараз. Через розріджену атмосферу Марса метеороїди часто долітають до її поверхні та утворюють там сотні глибоких кратерів щорічно. Їх пошук проводять порівнюючи знімки поверхні з орбіти, отримані в різний час. У викидах зі свіжих кратерів інфрачервоними спектрами підтверджено присутність дуже чистого водяного льоду. Розподіл плям усередині і навколо кратерів показує, що верхня межа крижаного шару у місцях падіння метеорних тіл лежить на глибині 10-35 см. Отримані зображення кратерів вперше дали докази наявності криги на поверхні Марса на всіх широтах, і на екваторі також.

Ключові слова: Марс, розріджена атмосфера, ударні кратери, вода на планеті, підповерхневий лід.

Автори роботи [1] вважають, що лід під поверхнею Марса міг утворитися так само, як і чисті крижані кришталіки під поверхнею Землі при сильному промерзанні ґрунту. За підрахунками, для пояснення появи льоду на середніх і екваторіальних широтах, вологість марсіанської атмосфери на момент утворення там крижаного шару [2, 8, 21] мала бути у півтора рази вищою, ніж зараз [4]. І тут не йдеться про якесь дуже далеке «вологе минуле» Марса мільярди років тому. При цьому, лід має бути не лише на полюсах, але й поблизу екватора.

Оскільки атмосфера Марса дуже розріджена [11], то вона практично не захищає планету від ударів метеоритів і астероїдів. А тому вони набагато частіше долітають до її поверхні та утворюють на Марсі свіжі кратери на метри в глибину і на десятки в ширину [1]. Спеціальний пошук свіжих кратерів почав проводитися на зображеннях марсіанської поверхні, отриманих за допомогою космічного апарату (КА) «Mars Reconnaissance Orbiter» (MRO) [12]. Порівнюючи знімки, отримані в різний час камерою з високою роздільною здатністю HiRISE, дослідники шукали свіжі тільки що утворені плями. Саме так повинні б виглядати викиди [15, 17, 18] зі свіжих кратерів. Адже основна частина марсіанського ґрунту темніша за світлий пил [5-7] і пісок, які вітер постійно переносить по поверхні планети [10, 14].

На отриманих за допомогою камери HiRISE фото околиць рівнин Аркадія й Утопія в північній півкулі Марса, лише протягом року вдалося зареєструвати понад 90 свіжих кратерів розмірами від 1 – до півтора десятка метрів та глибиною від майже половини – до 2.5 м. Вони розташовані в п'яти різних регіонах Марса, у яких підтверджено присутність там дуже чистого і яскравого водяного льоду [3]. Через кілька місяців цей лід, як і лід з викопаної «Феніксом» траншеї, частково випарувався. Розподіл плям усередині і навколо кратерів показує, що верхня межа крижаного шару у місцях падіння метеорних тіл лежить на глибині 10-35 см. А його товщина складає від декількох сантиметрів до кількох метрів.

Отримані зображення цих кратерів вперше дали докази наявності криги на поверхні Марса на половині відстані між північним полюсом і екватором (Рис. 1). Світлі плями навколо кратерів з часом зменшувалися в розмірах. А їхні інфрачервоні спектри чітко вказали на присутність замерзлої води [13, 19]. Швидкість випаровування речовини засвідчила, що цей лід є дуже чистим. Раніше вважали, що лід накопичується під поверхнею між частинками ґрунту. Тобто, це мала бути суміш грязі й льоду у відношенні 50:50. Підтвердження даного матеріалу як льоду – було отримано за допомогою спектральних вимірювань компактним розвідувальним спектрометром для Марса (CRISM). Порівнюючи спектри CRISM з модельними лабораторними спектрами водяного льоду, змішаного з різною кількістю бруду, вдалося оцінити, наскільки брудний лід. Ретельні дослідження прямих зображень і аналіз відповідних спектральних даних з'ясували, що насправді суміш складається лише з 1% грязі і 99% водяного льоду. Така чистота льоду поки що незрозуміла.

Швидкість випаровування цієї речовини також засвідчила, що це дуже чистий лід.

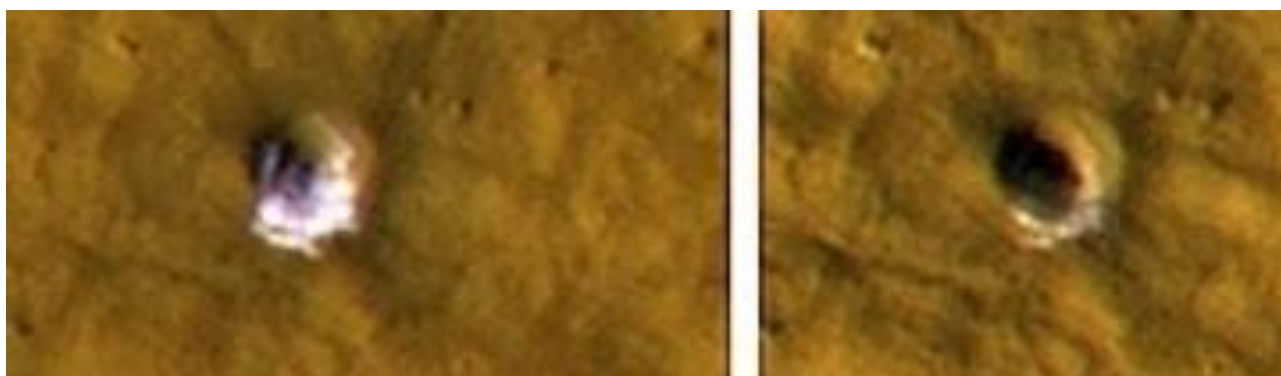


Рис. 1. Зображення ударного кратера отримані 18.10.2008 (ліворуч) і 14.01.2009 (праворуч) за допомогою камери HIRISE з КА MRO (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

У 2008 р. автоматична станція «Фенікс» в районі поблизу північної полярної шапки Марса розкрила своїм міні-екскаватором шар водного льоду на глибині декількох сантиметрів від поверхні (Рис. 2, ліворуч). Порівняння представлених на Рис. 2 (праворуч) двох знімків, зроблених на 20-й і 24-й марсіанський день перебування апарату «Фенікс» на приполярній частині поверхні Марса дозволяє прослідкувати ефекти випаровування замерзлих частинок ґрунту. На знімках крупним планом зображено поглиблення, вирите посадочним апаратом в марсіанському ґрунті. Ці дні приблизно відповідають 15 і 18 червня за земним календарем. Невеликі світлі шматочки у нижній лівій частині заглиблення добре помітні на фото ліворуч, отриманому на 20 день; до 24 дня – вони вже повністю зникли. Це явна ознака того, що ці шматочки були льодом, який розтанув. Тут ми бачимо приклад так званої сублімації, при якій твердий лід безпосередньо перетворюється на пару, проминувши рідкий стан.

Лід, який знайшов «Фенікс», лежав на глибині в 7-8 см під шаром буро-рудого ґрунту [20], недалеко від межі полярної шапки, що зменшилася з приходом заполярного літа. Деякі розрахунки показують, що лід повинен бути присутнім і на широтах приблизно в 60°, але лежати глибше за 20-30 см від поверхні. Щоб перевірити цю теорію, досить прокопати марсіанський ґрунт трохи більше цієї глибини. Останнім, хто рив траншеї в середніх широтах, був апарат «Вікінг-2». Але в кінці 1970-тих років він прокопував марсіанський ґрунт на глибину до 15 см, не докопавшись до льоду якихось 5-15 см. Саме тому ніякого твердого льоду тоді він там не побачив.

Масове відкриття таких «біло-синіх» кратерів почалося в серпні 2008 р., коли з орбітального апарату ретельно досліджувались зображення будь-яких темних плям, або інших змін, котрі не були видимі на отриманих раніше зображеннях тієї ж області. Вже

через декілька днів у вересні 2008 р. з орбітального апарату «MRO» за допомогою компактного панорамного спектрометра «CRISM» (Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars), що працював у видимій і ближній інфрачервоній ділянках спектра, були отримані спектральні свідчення наявності водяного льоду. Два з таких кратерів знаходяться всього за 70 м один від одного і утворилися вони практично одночасно (Рис. 3). Світлі плями навколо всіх кратерів з часом зменшувалися в розмірах. Саме для того, щоб упевнитися, що це саме вода, й були отримані інфрачервоні спектри відбитого світла в цих ділянках. Спектри чітко вказали на присутність води якраз у голубих точках, показаних на Рис. 3.



Рис. 2. Ліворуч – двигуни посадкового модуля КА «Фенікс» здули верхній шар з пилу і відкрили чистий водяний лід. Праворуч – лід під «лопатою» КА «Фенікс» (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

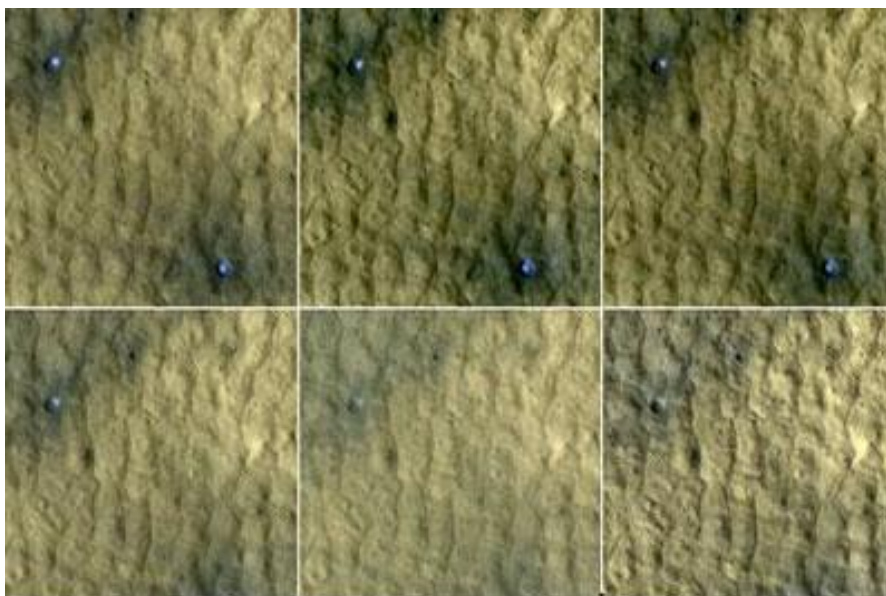


Рис. 3. Динаміка зміни видимості вибитого метеоритом льоду на поверхні Марса (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Серія зображень на Рис. 3 охоплює майже 15 тижнів. Тут показано пару новоутворених кратерів на середніх широтах Марса. На перших зображеннях (зверху, ліворуч) у кратерах видно яскравий дещо синюватий матеріал. І він поступово зникає на пізніших (внизу, праворуч). Обидва кратери мають діаметри близько чотирьох метрів і

глибину майже півметра. Зліва направо зверху, а потім – нижній рядок, зображення почергово отримувалися у 2008 році 12 вересня, 28 вересня, 9 та 14 жовтня, 22 листопада та 25 грудня. Як бачимо, на 70-тий день вже жодного сліду від викинутого [9] з кратеру льоду – на поверхні Марса не залишилося.

Аналіз попередніх даних показує, що на високих широтах Марса під поверхнею є лід; але зображення, представлені на Рис. 4 чітко дають зробити висновок, що він поширюється не тільки набагато ближче до екватора, але й на самому екваторі. Ці дані показують, що лід на планеті знаходиться не лише на полюсах, але і в районах, розташованих значно ближче до екватора. І якщо полярний лід добре можна пояснити особливостями сучасного клімату Марса, то наявність льоду на екваторі – є дуже вагомим доказом на користь присутності води на Марсі зовсім недавно [16].

При вивченні знімків, зроблених зробленому за допомогою камери HIRISE на КА «MRO» між вереснем 2016 р і лютим 2019 р. на поверхні Марса виявили кратер, який утворився від удару об поверхню планети метеорита з діаметром близько 1.5 м. Від вибуху утворився кратер діаметром до 16 м (Рис. 5). Цей кратер виглядає як темна пляма і він не схожий на інші подібні кратери. Вважають, що дане небесне тіло було сформоване з якоїсь щільнішої породи.

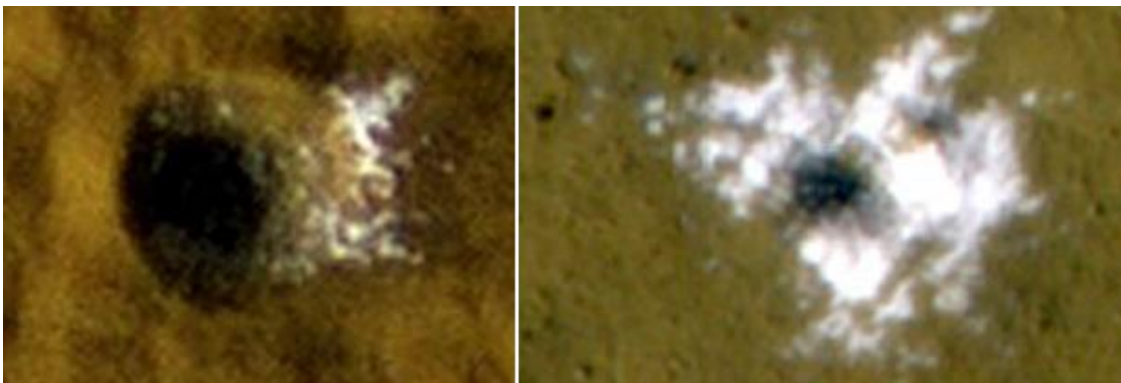


Рис. 4. Ліворуч – зображення кратера діаметром 12 м, що утворився між 03.07.2004 і 28.06.2008 в області Planitia на широті 50°N; праворуч – «свіжий» кратер діаметром близько 8 м з викинутим з нього льодом знайдено практично на екваторі у вересні 2009 р. (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

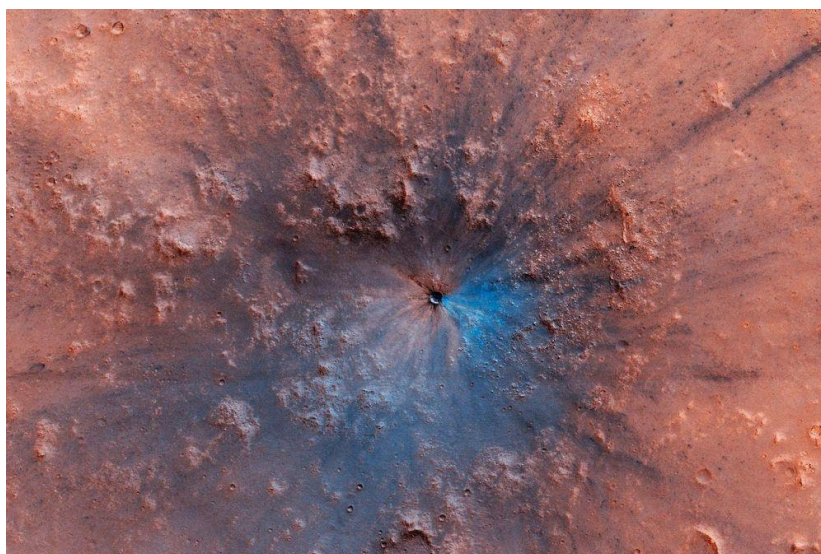


Рис. 5. Ще один «свіжий» кратер, але без викидів льоду (https://ukr.media/static/ba/aimg/3/9/4/394806_2.jpg)

Список використаних джерел:

1. Byrne S., Dundas C.M., Kennedy M.R., et al. (2009) Distribution of mid-latitude ground ice on Mars from new impact craters. *Science*. 325, p. 1674-1676.
2. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
3. Goldspiel J.M., Squyres S.W. (2000). Groundwater sapping and valley formation on Mars. *Icarus*, 148, 176-192.
4. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
5. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration, Proceedings of the conference held 13-15, June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.*
6. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 ISCo AS YS. May 24–25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.
7. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.
8. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
9. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, 2019, LPI Contrib. No. 2089, 6007.
10. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
11. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
12. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
13. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
14. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
15. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP “NP Kostyuk”. - 241 p. P. 43-48.*
16. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the “young” Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
17. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? *Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.*
18. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. *Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life. 2014. 3005.*
19. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS. May 23–24 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.
20. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 ISCo AS YS. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.
21. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. *Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.*

VERY "FRESH" CRATERS ON THE SURFACE OF MARS.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

To explain the appearance of ice at low latitudes, the humidity of the Martian atmosphere at the time of ice formation there should have been much higher, than it is now. Due to the rarefied atmosphere of Mars, meteoroids often reach its surface and form hundreds of deep craters there every year. Their search is carried out by comparing images of the surface from orbit, obtained at different times. Infrared spectra confirmed the presence of very pure water ice in emissions from fresh craters. The distribution of spots inside and around the craters shows that the upper limit of the ice layer in the places, where the meteorite bodies fell lies at a depth of 10-35 cm. The obtained images of the craters provided evidence for the presence of ice on the surface of Mars at all latitudes, and at the equator as well.

Key words: Mars, rarefied atmosphere, impact craters, water on the planet, subsurface ice.

ПРО ВУЛКАНИ НА МАРСІ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Спостереження Марса з космічних апаратів виявили сліди вулканізму. Половина поверхні вкрита старими кратерами, решта – молодими і рівнинними відкладеннями. Ударні та вулканічні кратери мають різну форму. Ударні – є майже круглими, мають вал, внутрішню і зовнішню тераси. Вулкани діляться на великі вулкани щитового типу, куполи й провальні кальдери. 4 найвищі вулкани з кратерами на вершинах (Olympus, Arsya, Ravonis і Askraeus) мають розвинуті поля викинутого матеріалу та вилиті лави. Також знайдені горби, схожі на земні гідротермальні гарячі джерела.

Ключові слова: Марс, вулкани трьох типів, гідротермальні гарячі джерела, тектонічна діяльність.

Спостереження Марса з космічних апаратів [6, 21] виявляють виразні сліди вулканізму й тектонічної діяльності – розломи, ущелини з розвиненими каньйонами; деякі з них мають сотні кілометрів у довжину, десятки – у ширину й кілька – у глибину. Ці вулканічні області розташовані на східному й західному кінцях величезної системи каньйонів – долин Марінера. Вважають, що вона могла виникнути в результаті розлому, пов'язаного з насуванням купола Фарсіда (Рис. 1, ліворуч). Вже найперші зображення, які були передані з космічного апарата (КА) “Марінер-4”, показали, що поверхня Марса різноманіттям дрібних деталей (Рис. 1, праворуч) нагадує супутник Землі Місяць [18], чи планету Меркурій [1, 4]. Вигляд цих деталей суттєво доповнений пізнішими місіями та посадочними місіями (Рис. 2).

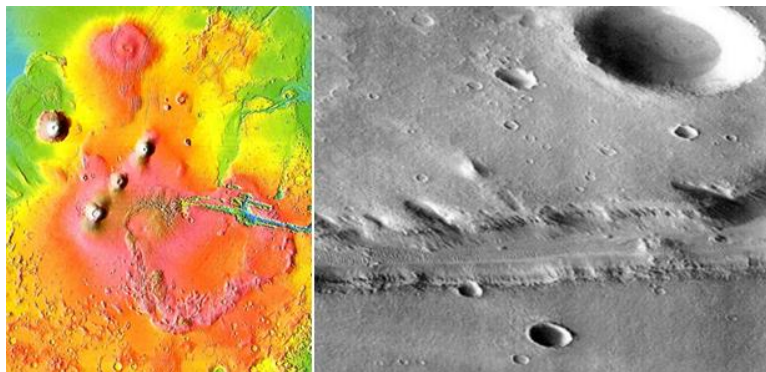


Рис. 1. Ліворуч – три велетенські вулкани в області Фарсіда і вулкан Олімп Праворуч – насиченість поверхні Марса відносно великими й малими кратерами й долинами (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Всюди на поверхні Марса лежать кам'яні брили червонуватого кольору (мабуть через значні домішки окислів тривалентного заліза). Вони є шматками вулканічних порід, що розпалися при ерозійних процесах [20]. За винятком рівнин, поверхня Марса сильно кратерована [11]. Всі кратери за своїм походженням були поділені на вулканічні та ударні (метеоритні), а за віком – на старі та молоді. Майже половина поверхні планети вкрита старими кратерами, решта – молодими та рівнинними відкладеннями [2].

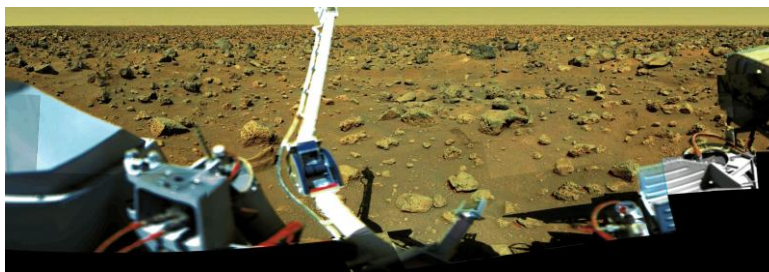


Рис 2. 'Viking-2' panorama of the Martian surface – 1976 (http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/photogallery-mars.html)

Найбільш насиченими кратерами є південні райони планети. Винятком є низинні світлі рівнини Hellas Planitia та Argyre Planitia, які знаходяться в середині гігантських кільцевих структур: вони характеризуються мінімальною густиною кратерів. Отримані дані показали, що ударні та вулканічні кратери мають дещо різну форму. Так, ударні кратери є майже круглими, мають кільцевий вал з характерною структурою, внутрішню і зовнішню тераси. А в залежності від розмірів, вони можуть мати ще й центральну гірку (великі кратери) та ще й внутрішній вал (надзвичайно великі). Вулканічні кратери мають гладкі краї, а довкілля покриті лавовими потоками і канавами; часто вони знаходяться на вершині куполоподібних підвищень (Рис. 3).

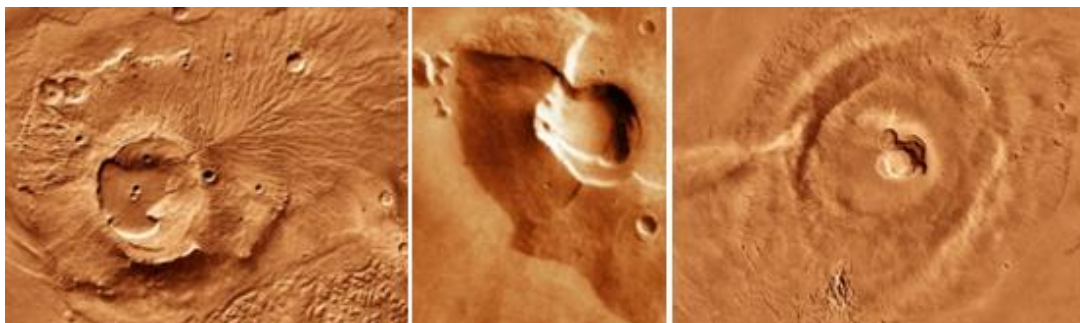


Рис. 3. Ліворуч – вулкан Apollinairs Patera. Посередині – один з куполів в області Фарсіда. Праворуч – гора Аскрійська (Ascraeus Mons). Її кальдера складена з кількох дискретних провалів. Нижня стіна кальдери має висоту понад 3 км (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Яскравими представниками вулканічних кратерів є кратери на вершинах найвищих чотирьох гір (Olympus, Arsya, Pavonis і Askraeus). Практично всі великі кратери вкриті дрібнішими. Але зовсім мало свіжих великих кратерів з добре розвинутим полем викинутого матеріалу та променевими системами. У переважної більшості з них поле викиду було помітно зруйноване, або ж засипане пізнішими викидами. Характерною рисою молодих кратерів є шари викидів навколо них та низькі гребні на зовнішньому краї. Вже найперші зображення з КА дозволили виявити виразні сліди вулканізму й тектонічної діяльності: розломи, ущелини з розвиненими каньйонами. У результаті роботи КА «Mars Global Surveyor», оснащеного лазерним висотоміром, була отримана

топографічна карта Марса (Рис. 4). Гори на ній жовті й коричневі, а западини – зелені й сині.

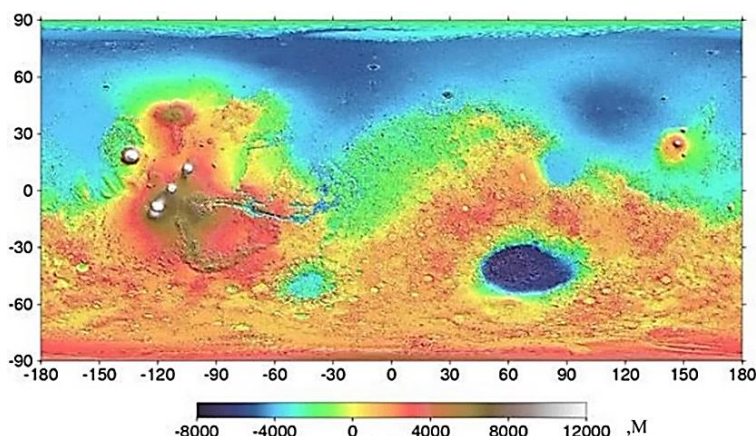


Рис. 4. Рельєф Марса (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Вулкани Марса діляться на три типи: великі вулканічні утворення типу щитових вулканів, куполи й провальні кальдери чи патери. Морфологія лавових потоків навколо вулканів в області Фарсіда свідчить про низьке значення в'язкості лави. На прикладі гори Арсія, розрахункові оцінки виходу лави з марсіанських вулканів, складають $3.5 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}$. А при меншій силі тяжіння на Марсі лава здатна там розтікатися на значно більшу відстань. Дані про щільність кратерів на схилах найбільших вулканів Марса указують на порівняно молодий вік цих структур: Олімп і Павич – по 300 млн., Арсія і Аскрійський – по 400 млн. років. Ці щитові вулкани вражають своїми масштабами. А їх а схили порізані радіальними системами лавових потоків, каналів і гряд шириною в кілька і завдовжки в сотні кілометрів. Вони більші від земних на один-два порядки і їх лавові потоки набагато довші (Рис. 3, ліворуч). Причина в тому, що гарячі вулканічні області під корою планети протягом сотень мільйонів років зафіксовані в одному місці поверхні планети. Тоді як на Землі рух плит уздовж гарячих вулканічних областей не дозволяв сформуватися вулканам таких розмірів. Окрім гігантських щитових вулканів, на поверхні Марса є скромніші за розмірами, але численніші вулканічні структури – так звані вулканічні куполи (рис. 3, посередині).

Більша їх частина розташована в області Фарсіда. Висота куполів не перевищує 8 км, а їх вершини часто ускладнені багаторушними депресіями типу кальдер. Найбільший вулканічний купол на Марсі знаходиться в області Elysium. Це купол Гекати з поперечником близько 200 км. На відміну від великих щитових вулканів, вони характеризуються більшою щільністю ударних кратерів на поверхні і більшим значенням відношення діаметру кальдери до поперечника купола. Можна вважати, що принаймні частина куполів в області Фарсіда є залишками стародавніх і більших вулканічних утворень, частково закритих пізнішими виверженнями. Куполи меншого розміру, ніж щитові вулкани, є більш опуклими з крутішим підйомом. Відмінності між купольними й щитовими вулканами можуть полягати в тому, що вивержений з куполів матеріал був більш в'язким, або ж виверження, які сформували куполи, були меншого об'єму і тому потоки лави накопичилися ближче до їх джерела.

Наступним типом вулканів є патери різних форм. Нахил їхніх схилів дуже незначний, на кальдерах зубчасті, складні грані, багато з них мають радіальні канали на схилах; деякі помітно змінені ерозією, інші доволі симетричної структури із значно зруйнованими стінами кальдер. Через сильну чутливість до ерозії можна вважати, що вулкани-патери складені з легких матеріалів типу потоків золи. Унікальною серед них є патера Альба (Рис. 5), яка своїми розмірами (поперечник більше 1600 км) співставна з

вулканом Олімп. Вона також має центральну кальдеру, але значно поступається йому висотою: не вища 3 км над навколишніми рівнинами. Вважають, що її сформували численні потоки лави, які були або набагато потужнішими, або набагато тривалішими, ніж подібні потоки в інших місцях. Дуже помітна ерозія деяких патер дозволяє також припустити, що вони є найстарішими вулканами Марса.

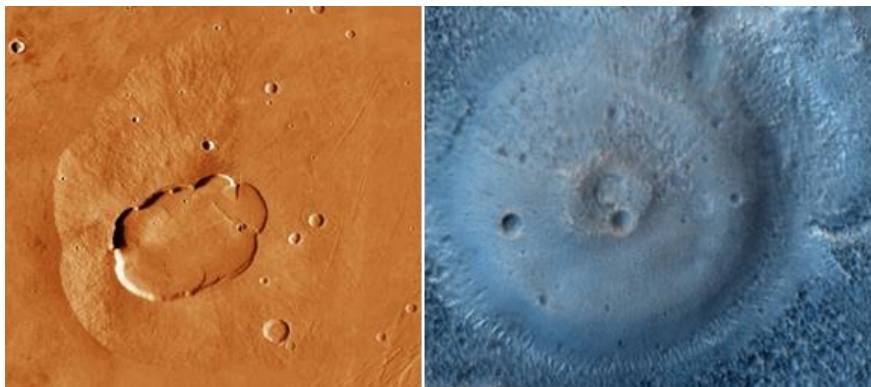


Рис. 5. Ліворуч – Патера Альба. Праворуч – грязевий вулкан з діаметром понад 100 м; розташований на північних рівнинах в районі Acidalia Planitia (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Не виключено, що вулканічна активність на Марсі зберігалась набагато довше, ніж вважалося донедавна. Нові оцінки, одержані з підрахунку числа вулканічних кратерів на зображеннях з різних КА, свідчать, що вулкани могли діяти всього кілька мільйонів років тому. Тоді як раніше цю тривалість оцінювали в 500-600 млн. років. Найдовше вулкани діяли в області Фарсіда (вулкан Олімп і три інші великі вулкани). Зазначалося навіть, що вулканічна активність можлива і в наші дні, але необов'язково вона виявлятиметься у великих виверженнях. Тому слід шукати ознаки гідротермальної активності планети.

КА «Марс реконнейсенсе орбітер» вперше зареєстрував схожі на гідротермальні джерела горби в кратері Vernal в області Arabia. Вони є невеликої висоти і мають трохи еліптичну форму. А своїм виглядом – дуже схожі на гарячі джерела в Австралії. Якщо показане на Рис. 5 (праворуч) підвищення є грязевим вулканом Марса, то саме тут варто шукати сліди діяльності мікроорганізмів [12, 14-16]. Поверхня цього куполу схожа на потріскану кригу, а її інфрачервоні зображення свідчать, що такі горби вистигають швидше за навколишні гірські породи, через те, що вони є висохлою гряззю. Кольори цих горбів також узгоджуються з припущенням, що вони формувалися в присутності води [10, 19]. Також, на Марсі були виявлені незвичайні струмені газу, що містять метан [9], природа якого поки невідома, але його знайдено багато в атмосфері [3, 5]. Вони також можуть бути викидами із грязевих вулканів, якщо лише ця тепла грязь містить мікроорганізми, котрі можуть продукувати метан. Зазвичай такі конуси (Рис. 6) знаходять поблизу таких великих марсіанських вулканів, як Олімп, поряд із якими є ще й «сухі» русла [7]. На цій підставі припустили, що конуси утворилися внаслідок нагрівання вулканічним теплом розташованого під поверхнею льоду; лід там міг випаровуватися, а водяна пара пробивала в ґрунті отвори для виходу на поверхню.

Рівнина Амазонія представляє собою рівнину в північній екваторіальній області Марса (Рис. 4). Вона є досить молода, з віком порід по 10-100 млн. років. Частина цих порід представляють собою застиглу вулканічну лаву. Вулканів у вигляді гір з кратерами в центрі – тут немає. А отже лава прямо виливалася з тріщин марсіанської кори. Особливо цікавим є те, що були знайдені сліди великих розливів лави, які відбувалися тут неодноразово; причому лава текла по тій же системі протоків, що й вода (або лід). На підставі досліджень цих багатошарових структур, що утворилися в результаті повторних

вивержень, можна зробити висновок про те, що, цілком можливо, вулканічні процеси мають місце на Марсі й зараз.

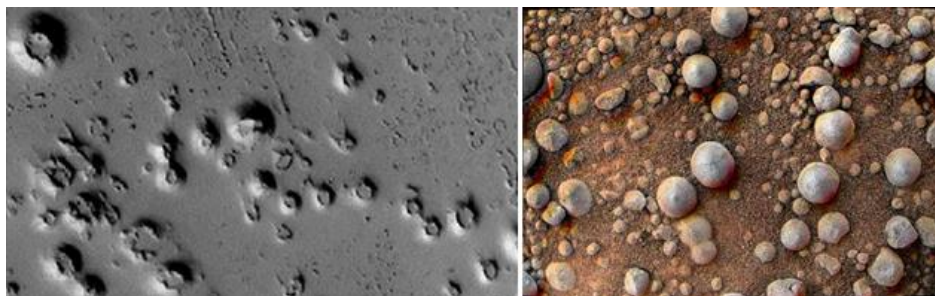


Рис. 6. Ліворуч – утворення конічної форми з середнім розміром основи до 100 м. Праворуч – бейди-окатиші на Марсі (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Вже перші дослідження Марса марсоходом «Опорт'юніті» показали правомірність твердження про переважне вулканічне формування рельєфу поверхні цієї планети [8, 17]. Вони підтвердили, що марсохід знаходиться на гранті піщаної пошарової структури із вкрапленими сферичними гранулами (Рис. 6, праворуч). Ці гранули явно вулканічного походження, оброблені струменями газу, що виходили з мантиї планети. На відміну від водних розчинів земних вулканодів, текучість грязьової лави на Марсі можуть визначати такі рідини, як сірковуглець (CS_2), хлористі вуглець (CCl_4) та ангідрид (Cl_2O_7). Блискуча поверхня гранул може визначатися цими речовинами. Але остаточний склад рідкої складової марсіанських вулканодів можливо буде визначити тільки за хімічним аналізом. Є свідчення і зовсім недавньої вулканічної активності на Марсі. Вони показують, що вулканічні виверження могли відбуватися навіть протягом останніх кількох тисяч років. В районі Serberus Fossae були зареєстровані навіть пара землетрусів. І спеціальні дослідження показали, що це могло бути пов'язано з рухом магми на глибині. Такі вулканічні відкладення підвищують ймовірність появи придатних для життя умов на поверхні Марса в давньому минулому [13].

Список використаних джерел:

1. Jozwiak L.M., Head J.W., Wilson L. (2018) Explosive volcanism on Mercury: Analysis of vent and deposit morphology and modes of eruption. *Icarus*, 302, p. 191-212.
2. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P., Kostogryz N.M. (2015) Spectrophotometric properties of Moon's and Mars's surfaces exploration by shadow mechanism. *Highlights of Astronomy*, 6, p. 182-182.
3. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P., Nevodovskiy P.V. (2013) Aerosol in the upper layer of earth's atmosphere. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 29(5), p. 243-246.
4. Thomas R.J., Rothery D.A., Conway S.J., Anand M. (2014) Long-lived explosive volcanism on Mercury. *Geophysical Research Letters*. 41(17), p. 6084-6092.
5. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*, 6(1), p. 56-68.
6. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine, p. 11-12.
7. Vidmachenko A.P. (2012) The magnetic field of planets, satellites and asteroids. *Astronomical School's Report*. 8(1), p. 136-148.
8. Vidmachenko A.P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 ISCo AS YS, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine, p. 12-13.
9. Vidmachenko A.P. (2015) Seasons on Saturn. II. Influence of solar activity on variation of methane absorption. *Astronomical School's Report*. 11(1), p. 15-23.
10. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS, May 26-27, 2016, Kyiv, Ukraine, p. 23-27.
11. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report*. 12(1), p. 14-26.

12. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. Astronomy and present: materials of 5 ISCo, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostiuk". -241 p. P. 43-48.
13. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the “young” Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, May 26-27, 2016, Kyiv, Ukraine, p. 16-17.
14. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet’s surface. 18 ISCo AS YS, May 26-27, 2016. Kyiv, Ukraine, p. 14-16.
15. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments conference. - May 16–18 2016. Hyatt Regency Lake Tahoe. Abstract #2002.
16. Vidmachenko A.P. (2017) What forms of life could have arisen in the ancient conditions of Mars? 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, p. 16-17.
17. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. 20 ISCo AS YS May 23-24, 2018. Uman, Ukraine, p. 9-12.
18. Vidmachenko A.P. (2018) Modern volcanic activity on the Moon. 20 ISCo AS YS, May 23-24, 2018. Uman, Ukraine, p. 5-7. 17
19. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS. May 23-24, 2018. Uman, Ukraine. P. 91-93.
20. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. MAO NAS of Ukraine, NULES of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388.
21. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. Astronomical School’s Report. 10(1), p. 6-19.

ABOUT VOLCANOES ON MARS.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Observations of Mars from space vehicles have revealed traces of volcanism. Half of the surface is covered with old craters, the rest – young and flat sediments. Impact and volcanic craters have different shapes. Percussive - are almost round, have a shaft, internal and external terraces. Volcanoes are divided into large shield volcanoes, domes, and caldera with sinkholes. The four highest summit cratered volcanoes (Olympus, Arsya, Pavonis, and Askraeus) - have developed ejecta fields and lava flows. Also found are mounds similar to terrestrial hydrothermal hot springs. Also found are mounds similar to terrestrial hydrothermal hot springs.

Key words: Mars, volcanoes of three types, hydrothermal hot springs, tectonic activity.

ВУЛКАНІЧНІ ПЕЧЕРИ МАРСА І ЇХ ПРИДАТНІСТЬ ДЛЯ КОЛОНІСТІВ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. Співробітник

Оксана Александрова – студентка 1 курсу СВО магістра ВДПУ ім. М. Коцюбинського

На поверхні Марса знайдено багато кратерів вулканічного і ударного походження. Їх вік від 4 мільярдів років, до кількох днів. На початку двохтисячних років на фото вулканічного плато Фарсіда біля вулкану Арсія, вперше побачили зображення семи темних плям округлої форми. Вони виявилися глибокими кам’яними колодязями, або отворами у стелі печер під поверхнею Марса. Ці западини назвали ямними кратерами. У нічні години вони є теплішими від розташованої поруч місцевості. Зараз у провінції

Фарсида виявили більше сотні таких кратерів. Велику кількість таких кратерів виявлено ще й у регіоні іншої вулканічної області на Марсі – Елізій. Їх діаметри становлять від 50 до 350 м. Вважають, що дані отвори й печери мають стати найпершими цілями для наступних пілотованих космічних експедицій, і місії автоматизованих апаратів.

Ключові слова: Марс, вулканічні кратери, ударні кратери, провальні кратери, космічні місії.

Дослідження Марса з орбітальних апаратів показало, що близько половини поверхні планети вкрито старими кратерами, а друга половина – досить молодими кратерами і рівнинними ерозійними відкладеннями [5, 13, 22]. Там були знайдені кратери вулканічного походження та ударні (або метеоритні). Їх вік рахується від понад 4 мільярдів років, до кількох місяців, а то й днів [23]. У південних регіонах Марса кратерів знайдено значно більше, ніж на північних низинах, і на низинних рівнинах Hellas Planitia [6, 15, 17-20] та Argyre Planitia, розташованих у середині величезних кільцевих структур у південній півкулі (Рис. 1).

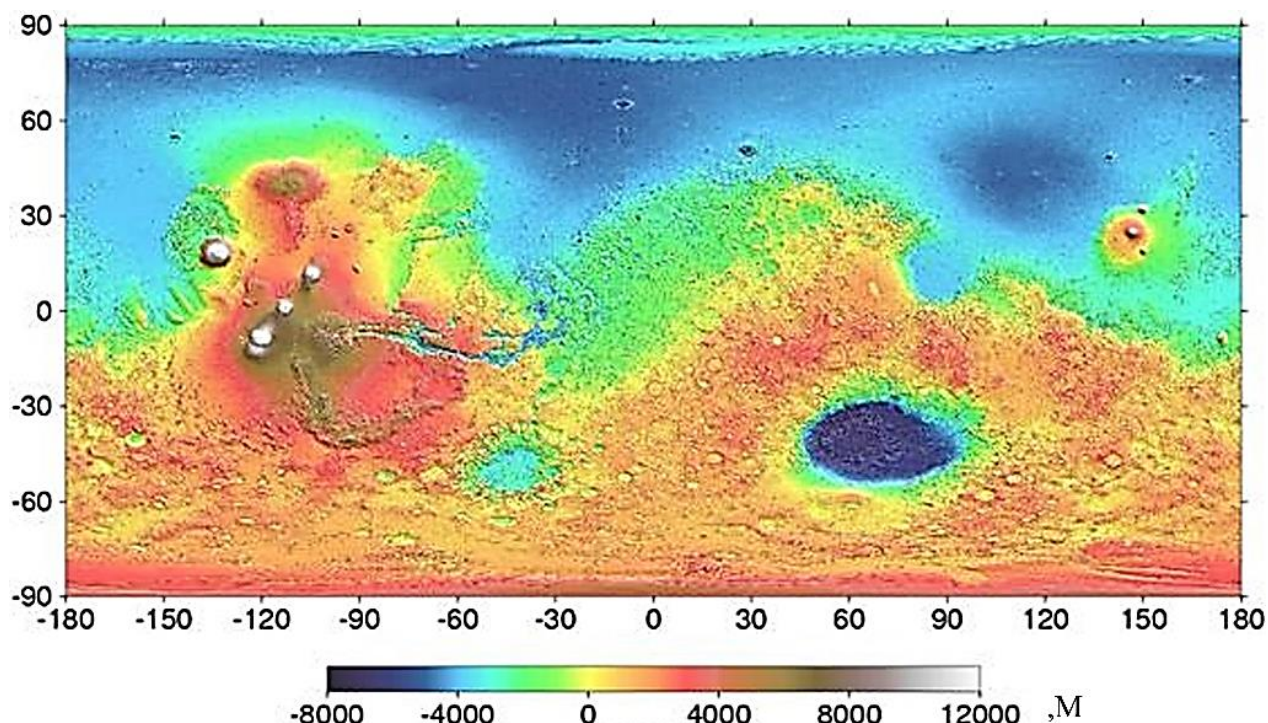


Рис. 1. Рельєф Марса за даними космічного апарата (КА) «Mars Global Surveyor» (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Ретельні дослідження показали, що ударні кратери метеоритного походження своєю формою значно відрізняються від кратерів вулканічної природи [25]. Ударні кратери мають майже круглу форму, вал навколо кратера із внутрішньою і зовнішньою терасами. А досить великі кратери мають центральні гірки, або ще й додатковий внутрішній вал. У вулканічних кратерів краї досить гладкі. А довкілля навколо них покрите лавовими потоками і тріщинами. Зазвичай, вони розташовані на вершинах підвищень подібних до куполів [24]. Найбільш характерними кратерами вулканічного походження є кратери, розташовані на вершинах найвищих гір на Марсі: Olympus, Arsya, Pavonis і Askraeus [21].

Після найперших зображень поверхні планети, отриманих різними космічними апаратами, недавніх великих ударних кратерів з обширним викинутим матеріалом, вдалося зареєструвати дуже мало. Їх переважна більшість мають дуже зруйновані поля викинутих матеріалів, і майже завжди засипані пізнішими ерозійними насипами [2, 4, 26].

На початку двохтисячних років на фотографіях вулканічного плато Фарсіда, отриманих КА «Марс Одісей» [10], вперше побачили зображення семи загадкових темних плям округлої форми. Якраз на цьому обширному марсіанському плато розташовані і вершини найбільших в Сонячній системі вулканів [12, 14]. Саме на схилах одного з них – гори Арсія – вперше вдалося помітити ці темні провали (Рис. 2).

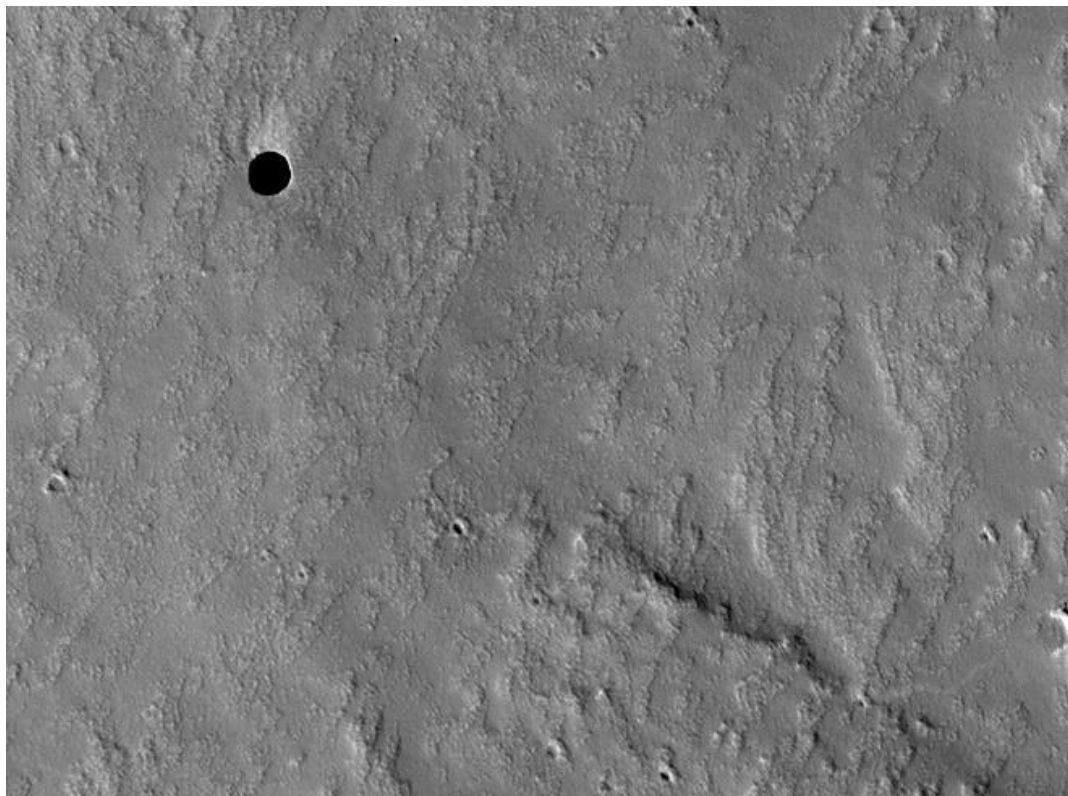


Рис. 2. Одна з темних плям на схилах вулкану Арсія (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Вони були названі «Сім сестер». Їм дали такі жіночі імена: Венді, Ені, Дена, Хлоя, Еббі, Ніккі та Джінн. Ретельніші вивчення дозволили вказати на те, що зареєстровані темні плями на дослідженій поверхні Марса виявилися провалами, або своєрідними досить глибокими кам'яними колодязями. Для пояснення їхньої природи було запропоновано, що ці плями можуть бути вхідними отворами до глибоких печерних утворень під видимою поверхнею Марса. Тобто, вони є своєрідними провалами у стелях дуже великих печер. Показаний на Рис. 1 отвір також виявили на схилі вулкана Арсія. Дане зображення отримали у травні 2007 р. камерою HIRISE, установленою на КА «Mars Reconnaissance Orbiter». Розмір показаного на Рис. 1 отвору становить 100×150 м. Але він дуже глибокий, адже його дно практично не освітлюється сонячним світлом.

Трохи пізніше з цією ж камерою було отримано нові зображення ще одного темного провалу на схилах цього ж вулкану. Його назвали Джінн. На фото він виглядає темною плямою із розміром 150×157 м (Рис. 3, ліворуч). На ньому також не було видно ніяких натяків на існування дна, стін чи зовнішнього валу по його периметру. Адже, зазвичай, такі підвищення мають місце при утвореннях як класичних ударних, так і вулканічних кратерів. Це перше фото було зроблено близько біля полудня. А отже провалля освітлювалося вертикальними променями. Тому залишалось неясним, чи мова йшла про колодязь із вертикальними стінами, чи мали справу із дуже великою печерою, у яку ми заглядаємо крізь обвалений отвір в її стелі. Новіші зображення цього ж провалу Джінн були отримані у час, коли Сонце у місці зйомки зрушило дещо на захід. На показаному на Рис. 3 (праворуч) зображенні вже досить добре видимі окремі деталі на стінах всередині

даного об'єкту. Це сталося унаслідок освітлення східних стінок отвору косими сонячними променями [8, 9]. Видно, що в цьому місці стіни йдуть практично вертикально. Проте все ще залишалось неясним наскільки глибоким є дане провалля. Стало лише зрозумілим, що на глибинах у майже 80 м дна все ще немає; а нижче – промені не проходили.

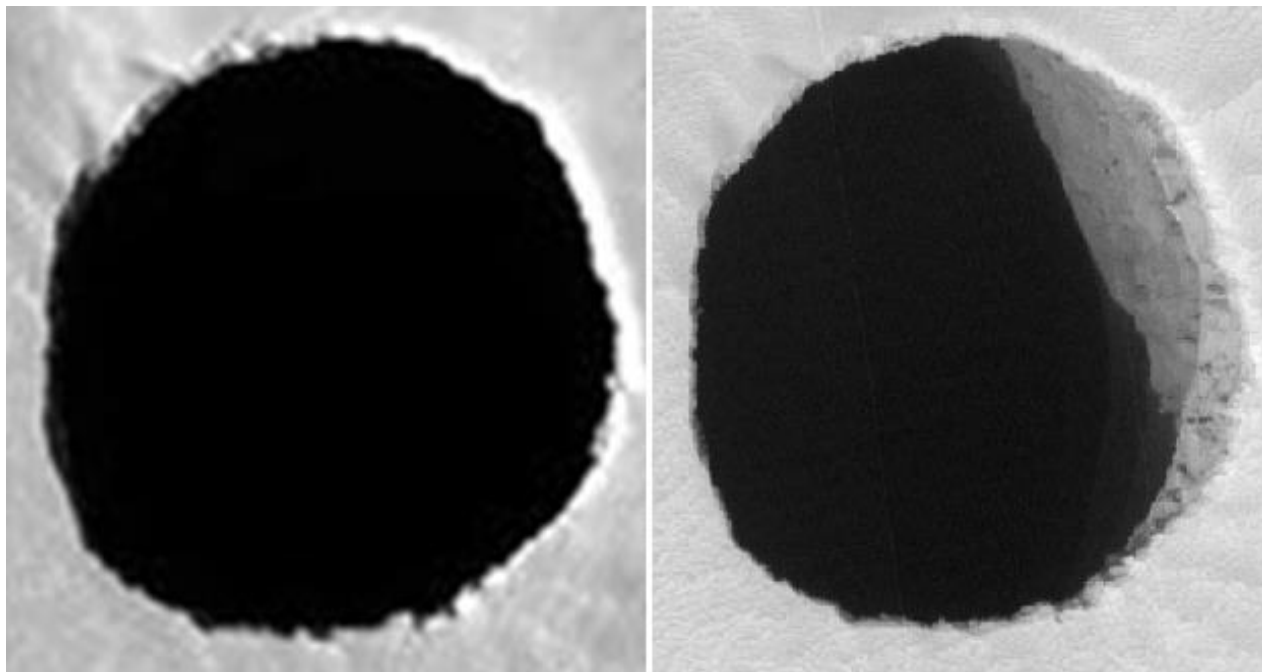


Рис. 3. Провал Джінн освітлюється – ліворуч – вертикально згори і – праворуч – косими сонячними променями 08.08.2007 (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Оскільки у знайденому отворі освітленого Сонцем дна все ще не видно, і його стіни майже вертикальні, то він не є простим зруйнованим ерозією проваллям [7, 11, 27]. Але усі сім отворів знайдені недалеко від вулканічних провальних кратерів, або ж продовжують їх кратерні ланцюжки. Вважають, що такого типу кратери утворюються в моменти, у які потоками розплавленої лави під поверхнею планети випаляються порожнечі, які поступово сповзають по схилах вулкану. Надалі, наприклад, унаслідок землетрусу, зовнішні шари ґрунту провалюються в утворювані порожнечі. Мало еродовані дуже різкі краї цих марсіанських провалів можуть свідчити про молодість даних утворень. Оскільки на Марсі присутня атмосфера, то вітер там постійно рухає повітряні маси, котрі безупинно засипають ново утворені ями піском та пилом [1, 3]. Вік наймолодших слідів вулканічної активності на Марсі оцінюється від 50 тисяч до кількох десятків мільйонів років; вік окремих ділянок на плато Фарсіда становить від 0.5 до 3 млрд. років [16]. По цій причині гіпотезу утворення провальних темних колодязів потрібно ще детально опрацювати.

Діаметри знайдених отворів знаходяться у межах від менше 100 до майже 252 м. Два з семи вищезгаданих провалів було досліджено також з допомогою інфрачервоної зйомки. Вдалось виявити, що їх температура є досить постійною в довільний час доби. Тобто, при денному світлі всі провали були холоднішими за інші частини поверхні, хоча й не такими холодними, як, наприклад, ділянки місцевості, що перебували в тіні. А в нічні години дані об'єкти були теплішими від розташованої поруч місцевості. Отримані дані говорять на користь гіпотези щодо того, що знайдені об'єкти являються своєрідними «вікнами» у значної товщини стелі вулканічних печер.

Послідуючі спостережні дані показали, що величезний вулканічний регіон Фарсіда заповнений і іншими незвичайними кратерами, які створені не внаслідок падіння метеоритів. Зображення з КА «Mars Reconnaissance Orbiter» показали, що подібні кратери знаходяться і в інших місцях на поверхні Марса. Ці западини назвали ямними кратерами. Їх виявили не лише на Марсі, але й на Венері та Місяці. На Землі подібні провалля також інколи знаходять на схилах деяких молодих так званих щитових вулканів. Подібні утворення знайдено, наприклад, на Гаваях. Вважають можливим, що таким же способом були утворені і темні провалля на Марсі. Ці кратери появляються внаслідок обвалення породи над каналами, що утворювалися після проходження потоків лави. Вони відрізняються від звичайних ударних чи вулканічних кратерів відсутністю піднятих країв і не мають жодних слідів викидів породи. Зараз лише у провінції Фарсіда КА «Mars Reconnaissance Orbiter» виявив більше сотні таких кратерів. Всі вони мають гострі краї та майже циліндричну форму. Їх діаметри становлять від 50 до 350 м. За даними цього ж орбітального КА виявлено велику кількість таких кратерів ще й у регіоні іншої вулканічної області на Марсі – Елізій. Вона старша за область Фарсіда. Тут також знаходиться один з найвищих вулканів – вулкан Елізій заввишки 16 км. Саме поруч із цим вулканом КА також виявив багато ямних кратерів. Ці кратери виділяються завдяки зовнішньому вигляду. Іноді вони розташовуються у вигляді певних лінійних утворень.

Вважають, що дані отвори й самі печерні утворення мають стати одними з найперших цілей для послідуєчих як пілотованих космічних експедицій, так і місій автоматизованих апаратів.

Список використаних джерел:

1. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.
2. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.
3. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.
4. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P., Kostogryz N.M. (2015) Spectrophotometric properties of Moon's and Mars's surfaces exploration by shadow mechanism. Highlights of Astronomy, 6, p. 182-182.
5. Mouginis-Mark P. (1979) Martian fluidized crater morphology: Variations with crater size, latitude, altitude, and target material. Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 84(B14), p.8011-8022.
6. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, 2019, LPI Contrib. No. 2089, 6007.
7. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
8. Vidmachenko A.P. (1987) Manifestation of seasonal variations in the atmosphere of Saturn. Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 3(6), p. 9-12.
9. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. Astronomical School's Report. 6(1), p. 56-68.
10. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
11. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. Astronomical almanac. 56, p. 225-249.
12. Vidmachenko A.P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 ISCo AS YS, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine, p. 12-13.
13. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. Astronomical School's Report 12 (1), p. 14-26.
14. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.

15. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. Astronomy and present: materials of 5 ISCo, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostyuk". - 241 p. P. 43-48.
16. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
17. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.
18. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
19. Vidmachenko A.P. (2017) What forms of life could have arisen in the ancient conditions of Mars? 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, p. 16-17.
20. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life. 2014. 3005.
21. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. XX International scientific conference "Astronomical School of Young Scientists". Uman, Ukraine, p. 9-12.
22. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 23-24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine, p. 91-93.
23. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. Astronomical School's Report 10 (1), 6-19.
24. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.
25. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
26. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.
27. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

VOLCANIC CAVES OF MARS AND THEIR SUITABILITY FOR COLONISTS.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Oksana Aleksandrova –1st-year student of the master's degree program at VDPU named after M. Kotsyubynskyi

Many craters of volcanic and impact origin have been found on the surface of Mars. Their age ranges from 4 billion years to a few days. At the beginning of the 2000s, on a photo of the volcanic plateau of Farsida near the volcano Arsia, the image of seven dark spots of a rounded shape was seen for the first time. They turned out to be deep stone wells, or holes in the ceiling of caves below the surface of Mars. These depressions were called pit craters. At night, they are warmer than the surrounding area. More than a hundred such craters have now been discovered in Farsida province. A large number of such craters were also found in the region of another volcanic region on Mars - Elysium. Their diameters range from 50 to 350 m. It is believed that these holes and caves should become the first targets for the next manned space expeditions and missions of automated devices.

Key words: Mars, volcanic craters, impact craters, pit craters, space missions.

ОСОБЛИВОСТІ ПИЛОВИХ БУР НА МАРСІ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Весна на Марсі є часом зародження пилових бур у відповідній півкулі. Вони виникають тоді, коли починає випаровуватися замерзлий вуглекислий газ із зимових полярних шапок. При цьому збільшується атмосферний тиск при сублімації замерзлого CO₂; між покритою вуглекислотною памороззю і тільки що відтануваючою поверхнею у щільнішій атмосфері пил легше піднімається і довше тримається. Встановлення високого температурного контрасту приводить до виникнення сильних вітрів, які дмуть від країв полярної шапки у бік середніх широт. Пилові бурі відіграють важливу роль на формування марсіанського клімату.

Ключові слова: Марс, атмосфера, зміни клімату Марса, пилові бурі, антипарниковий ефект.

Марс – наступна від Сонця після Землі планета. Ексцентриситет орбіти Марса $e=0,0933$ і тому відстань від Марса до Сонця змінюється від 207 млн км у перигелії до майже 250 млн км в афелії [19]. Умови спостереження Марсу з поверхні Землі залежать від того, наскільки близький він до перигелію, чи афелію [3, 6]. Якщо момент протистояння припадає на перигелій Марса і афелій Землі, то відстань між планетами буде найменшою (до 56 млн. км). І таке протистояння називають великим. При протистояннях, коли Марс перебуває в афелії, а Марс у перигелії – відстань між ними сягає 101 млн. км. Тривалість року на Марсі (сидеричного періоду) становить 686.98 земної доби [12, 20]. Як і всі зовнішні планети, Марс на небі Землі видний найкраще саме у періоди протистоянь. Інколи він може бути навіть яскравішим від Юпітера. Весна в обох півкулях Марса – є часом зародження пилових бур у відповідній півкулі [7]. Вони виникають тоді, коли починає випаровуватися замерзлий вуглекислий газ із зимових полярних шапок. В цей час вони, зазвичай, тягнуться аж до середніх широт (Рис. 1).

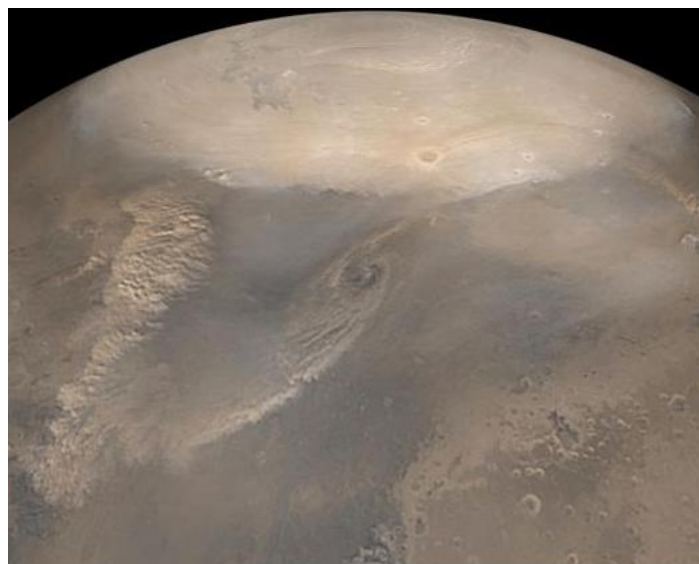


Рис. 1. Утворення пилової бурі у північній півкулі. Взимку замерзлий двоокис вуглецю покриває основну частину північної полярної області (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

На їх виникнення впливає декілька чинників. Накладаючись, вони можуть призвести до підняття дуже потужних пилових бур, а інколи – навіть глобальних. Адже атмосферний тиск збільшується при сублімації замерзлого CO_2 [1, 4]; у такій щільнішій атмосфері [8] пил легше піднімається і довше тримається; саме тоді встановлюється високий температурний контраст між покритою вуглекислотою памороззю і поряд лежачою поверхнею, яка тільки що відтанула. Зазвичай, це приводить до виникнення сильних вітрів, які дмуть від країв полярної шапки у бік середніх широт. Аналогічним чином виникають вітри від високих центральних областей полярних шапок до темніших низьких і тепліших навколишніх областей.

Пилові бурі мають відігравати важливу роль на формування марсіанського клімату [9, 15, 17]. Адже саме глобальні шторми змінюють тепловий баланс всієї планети і хід намерзання й випаровування CO_2 та H_2O у полярних шапках [21]. Також вони впливають на перерозподіл водяної пари [10, 11, 16]. А пилові бурі, що виникають у певному регіоні планети, особливо у її приполярних областях (Рис. 2), суттєво впливають на швидкості сезонних змін у відповідних полярних шапках [13, 14], регулюючи основні параметри регіональної погоди. Тобто, порівняно тонкий шар пилової речовини на поверхні Марсу створює дуже сприятливі умови для виникнення пилових бур тривалістю від кількох годин і до кількох місяців [5, 18]. Для підйому пилового матеріалу в умовах атмосфери Марсу потрібні швидкості вітру у 20-30 м/с. І на поверхні Марсу існують області, у яких такі значення швидкостей вітру спостерігаються.

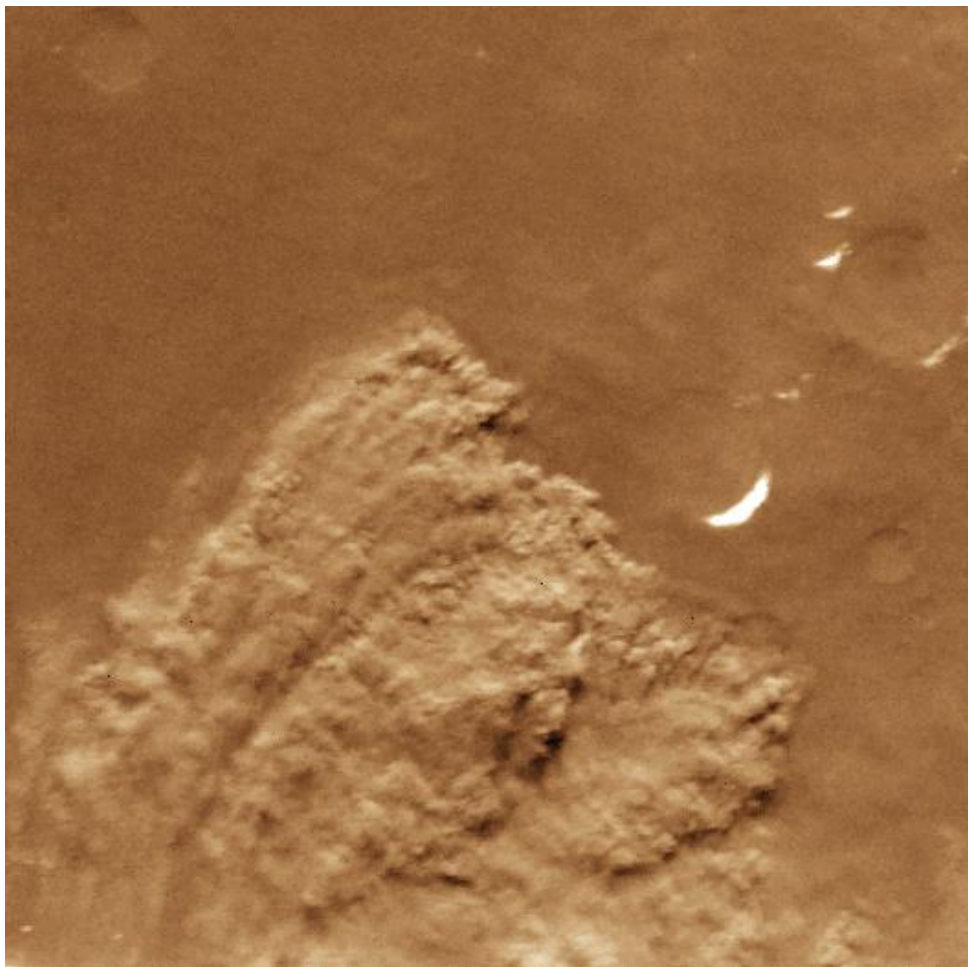


Рис. 2. Локальна пилова буря утворена біля краю південної полярної шапки, де вітри найсильніші (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Особливо потужні смерчі зазвичай утворюються у моменти перебування Марса поблизу перигелію його орбіти. У такий час інтенсивність опромінення поверхні сонячним світлом майже на 25% більша, від моментів так званого середнього протистояння, та практично на 50% більша, ніж при знаходженні планети в афелії. Саме по цій причині глобальні пилові бурі найчастіше утворюються у періоди близькі до великих протистоянь. У такі моменти літо в південній півкулі практично співпадає з часом проходженням Марса поблизу точки перигелію.

Зміни потемніння на різних ділянках поверхні планети, які спостерігається при зміні сезонів, можна пояснити змінами напрямку вітрів, котрі постійно дмуть в напрямку від одного полюса до протилежного полюса. Доволі сильний вітер піднімає в атмосферу верхній шар світлого пилу, при цьому оголюються ділянки дещо темніших порід. В моменти, коли Марс перебуває поблизу перигелію своєї орбіти, порушується глобальна рівновага всього марсіанського середовища. І саме у такий час швидкість вітрів посилюється до значень 20-30 м/с, які викликають закручування атмосферних вихорів (Рис. 3), котрі підіймають пилові бурі. За деяких умов, в атмосферу може піднятися понад мільярд тон пилу та утримувати там у зваженому стані на протязі тривалого часу. Подібні пилові бурі іноді тривають до 100 земних діб. Це приводить до різких змін загального кліматичного стану на всій марсіанській поверхні.



Рис. 3. Утворення циклонних вихорів уздовж краю марсіанської полярної шапки. На передньому плані видно яскраві області замороженої води (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

На Марсі в час пилових бур виникає явище «антипарникового» ефекту. Оскільки хмари піднятого в атмосферу пилу не пропускають до поверхні сонячних променів у видимому спектральному діапазоні, проте пропускають випромінювання теплового діапазону, що йде від неї. Тому планетна поверхня суттєво охолоджується, а атмосфера, відповідно, розігрівається. А існуючий хімічний склад марсіанської атмосфери та детальне дослідження «рози» вітрів на планеті за допомогою космічних апаратів – дозволили виявити вплив полярних шапок на формування пилових бур. Адже, при таненні матеріалу у полярних шапках вивільняється величезна маса вуглекислого газу. При цьому навіть збільшується атмосферний тиск над ними. У результаті подібних процесів утворюються достатньо сильні вітри, котрі піднімають із марсіанської поверхні дрібні частинки дуже пухкого ґрунту. Таким чином, утворення пилових смерчів пов'язане із підйомом атмосферних мас унаслідок нагрівання марсіанського ґрунту променями Сонця. Проте такі окремі вихори вперше вдалося зареєструвати тільки на початку двохтисячних років при порівнянні декількох послідовних зображень, отриманих із посадкових модулів.

Поява темних слідів на поверхні Марса (Рис. 4), також пов'язана з тим, що їх залишають невеликі пилові смерчі. Вони зривають верхній світлий шар, і залишають темніші сліди на поверхні. Їх утворення пов'язане із нагріванням поверхні сонячним днем та із підняттям теплішого повітря. При цьому підігріті повітряні маси розпочинають швидко обертатись і переміщуватись, забираючи з собою верхній шар пилу. При потраплянні пилу у такий вихор, його стає видно під виглядом торнадо. На Марсі такі пилові вихори інколи досягають кілометрових висот і появлятися там десятками [2]. Швидкість їхнього обертання часто перевищує 30 м/с і вони за секунди знижують видимість поверхні до нуля.

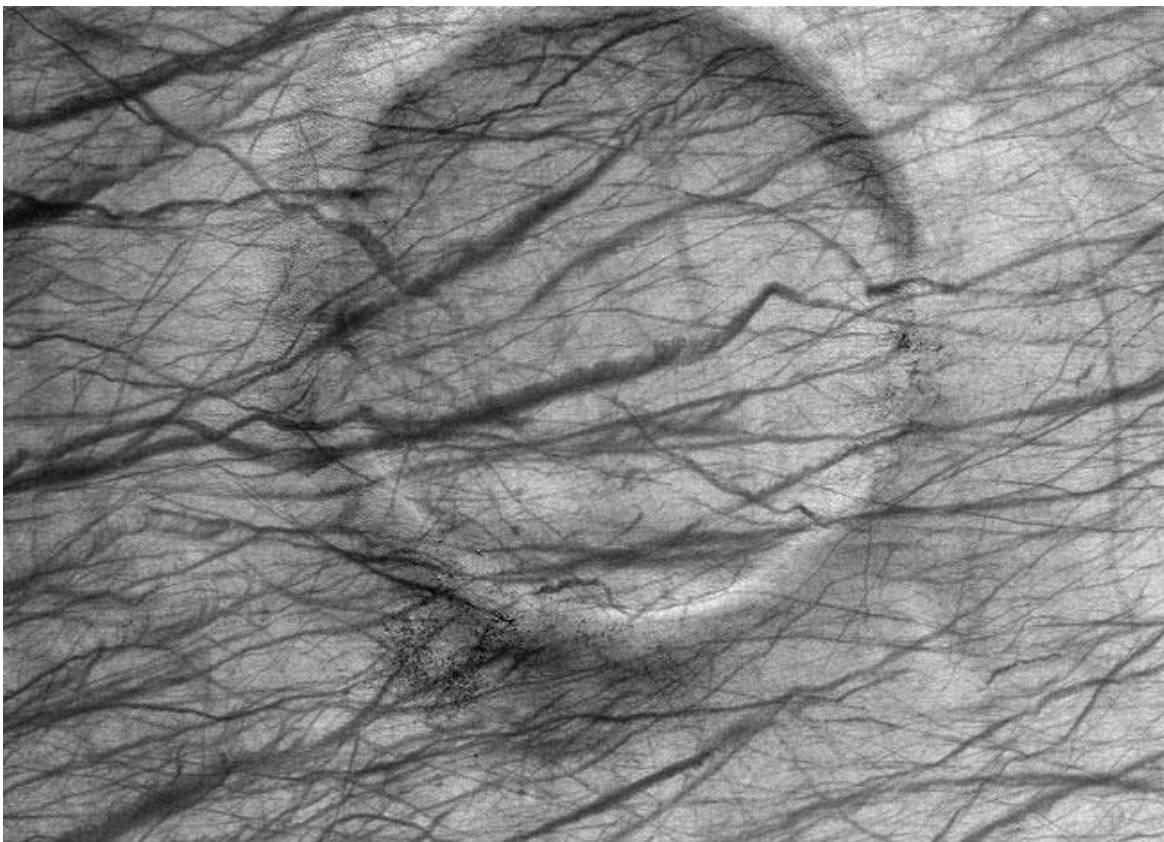


Рис. 4. Темні сліди від вихорів на поверхні Марса (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Але все ж, атмосфера Марса переважно дуже прозора і лише інколи, в періоди глобальних пилових бур, видимість деталей поверхні сильно послаблюється, або й зовсім щезає.

Список використаних джерел:

1. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p.12785-12790.
2. Fisher J.A., Richardson M.I., Newman C.E., et al. (2005) A survey of Martian dust devil activity using Mars Global Surveyor Mars Orbiter Camera images. *J. of Geophys. Research: Planets*. 10(E3), p. 1-18.
3. Goldspiel J.M., Squyres S.W. (2000). Groundwater sapping and valley formation on Mars. *Icarus*, 148, 176-192.
4. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
5. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration*, Proceedings of the conference held 13-15 June, in Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.
6. Murray B.C., Ward W.R., Yeung S.C. (1972) Periodic Insolation Variations on Mars. *Science*. 180(4086), p. 638-640.
7. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
8. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
9. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009. Kherson, Ukraine, p. 11-12.
10. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS, May 23-24, 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.
11. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
12. Vidmachenko A.P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 ISCo AS YS, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine, p. 12-13.
13. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
14. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. NAU, Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.
15. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
16. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS, May 23-24, 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.
17. Vidmachenko A.P., Klimenko V.M., Morozhenko A.V. (1981) Apparent spectral albedos of the disk of Mars in September-October 1977. *Solar System Research*. 14(4), p. 157-159.
18. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. *Astronomical School's Report* 10 (1), 6-19.
19. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. MAO NAS of Ukraine, NULES of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.
20. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
21. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

PECULIARITIES OF DUST STORMS ON MARS

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Spring on Mars is the time of origin of dust storms in the corresponding hemisphere. They occur when frozen carbon dioxide begins to evaporate from the winter polar caps. At the same time, atmospheric pressure increases during the sublimation of frozen CO₂; between the water frost, covered with solid carbon dioxide and the newly thawed surface, in a denser atmosphere, dust rises more easily and lasts longer. The establishment of a high temperature contrast leads to the emergence of strong winds that blow from the edges of the polar cap towards the middle latitudes. Dust storms play an important role in shaping the Martian climate.

Key words: Mars, atmosphere, changes in the Martian climate, dust storms, anti-greenhouse effect.

ІСТОРИЯ ВОДИ НА МАРСІ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

За даними з орбітальних модулів і марсоходів реконструйовано етапи розвитку подій на Марсі. У Філлоціанову еру, що почалася 4.5 млрд. років тому і тривала ~500-1000 млн. років, Марс був вологою планетою, і тому породи в ту пору зазнавали водної ерозії. Після глобальних змін клімату, викликаних, можливо, вулканічною діяльністю, почалася Теїкіанова епоха. Вона тривала до 3.5 млрд. років тому. Близько 3.3 млрд. років тому розпочалася Сідеріканова ера. Саме у той час розпочалося масштабне утворення оксидів заліза, які могли надати планеті червонуватого кольору. Системи сучасних долин і каналів Марса також свідчать про минулу присутність проточної води на поверхні. Тому припускають, що раннє марсіанське середовище відрізнялося від холодних і сухих умов сьогодення. Таким чином зима на Марсі була майже нескінченна і порушувалася тільки короточасними періодами, коли йшли дощі і мали місце великі повені.

Ключові слова: Марс, глобальні зміни клімату, геологічні ери, вода на планеті.

Виходячи із даних зібраних орбітальними модулями і марсоходами були реконструйовані можливі етапи розвитку подій на Марсі [23]. Перша геологічна ера планети – Філлоціанова – почалася 4.5 млрд. років тому і тривала ~500-1000 млн. років. Тоді Марс був вологою планетою, і тому породи, що належали до неї, зазнавали суттєвої водної ерозії. Тому ці породи містять глинисті мінерали філосилікати, для утворення яких [22] потрібно дуже багато води, температура вище 273 К і низька кислотність.

Також там виявлено багато розкиданих по поверхні планети ділянок з породами, які зазвичай є в молодих вулканічних породах. Після глобальних змін клімату, викликаних, можливо, вулканічною діяльністю, почалася нова Теїкіанова епоха. Вважають, що вона тривала до 3.5(3.3) млрд. років тому. У той час, унаслідок потужних вулканічних викидів в атмосферу поступала значна кількість сірки. Тому довкілля змінилося на дуже кисле, а вода вступила в реакцію із сірчаними з'єднаннями і почала утворювати різні сульфати. Це викликало суттєве осушування планети. Свідченнями цього стала присутність у відповідного віку породах сірого гематиту та гіпсу. А отже, близько 3.3-3.5 млрд. років тому розпочалася третя ера – Сідеріканова. Саме у той час розпочалося масштабне утворення оксидів заліза, які й могли надати планеті червонуватого кольору.

Таким чином, менше 4 млрд років тому на Марсі почалася активна вулканічна діяльність. Тоді у полярних областях лежали крижані шапки, на планеті була присутня газова атмосфера з тиском до 0.4 бар, а вода через глибокі русла живила озера й моря. Згідно різних оцінок це могло тривати протягом 500-1500 млн. років. Проте пізніше ситуація почала змінюватись. Адже планета стала охолоджуватись, активність вулканів знизилася і зменшилися викиди газів в атмосферу. Вважається, що атмосфера і вода з поверхні втрапилися після потужного бомбардування метеороїдами великих розмірів. Про

можливе бомбардування говорять існуючі ударні кратери, і велика кількість маггеміту – так званого магнітного піску на поверхні. Він утворюється при окисненні магнетиту під час сильного нагрівання. Свідченням удару великого астероїда по Марсу є рівнина Еллада, розташована поруч із південною полярною областю. Зараз це басейн із діаметром більше 4000 км, що звужується донизу до майже 1500 км. Він оточений кільцем викинутих порід [14]. Глибина цього басейну подекуди перевищує 9 км [21]. Теорія та відповідні розрахунки дозволили реконструювати сценарій утворення Еллади та відновити параметри удару астероїда по планеті. З'ясували, що при ударі мала утворитися значна ударна хвиля, яка пройшла до протилежної частини планети сферичної форми та сфокусувалася симетрично до кратеру Еллада. У результаті цього був утворений найвищий у Сонячній системі вулкан Олімп.

Системи сучасних долин і каналів Марса також свідчать про минулу присутність проточної води на поверхні [1]. Тому припускають, що раннє марсіанське середовище відрізнялося від холодних і сухих умов сьогодення [3]. Поява проточної води на Марсі в минулому свідчить про те, що вода, ймовірно, збиралася у водозбірних басейнах. Адаже є переконливі докази на підтримку існування найбільших гіпотетичних водойм [2]. Потенційно значні наслідки, пов'язані з водним навантаженням, здебільшого не враховувалися при ідентифікації та оцінці потенційних прибережних особливостей, а також при визначенні можливих форм басейну та вірогідних співвідношень між передбачуваними рівнями води та рівнями притоків і витоків. В роботі [4] обговорюються наслідки від розташування та геометрії можливих збережених матеріалів берегової лінії Марса (Рис. 1).

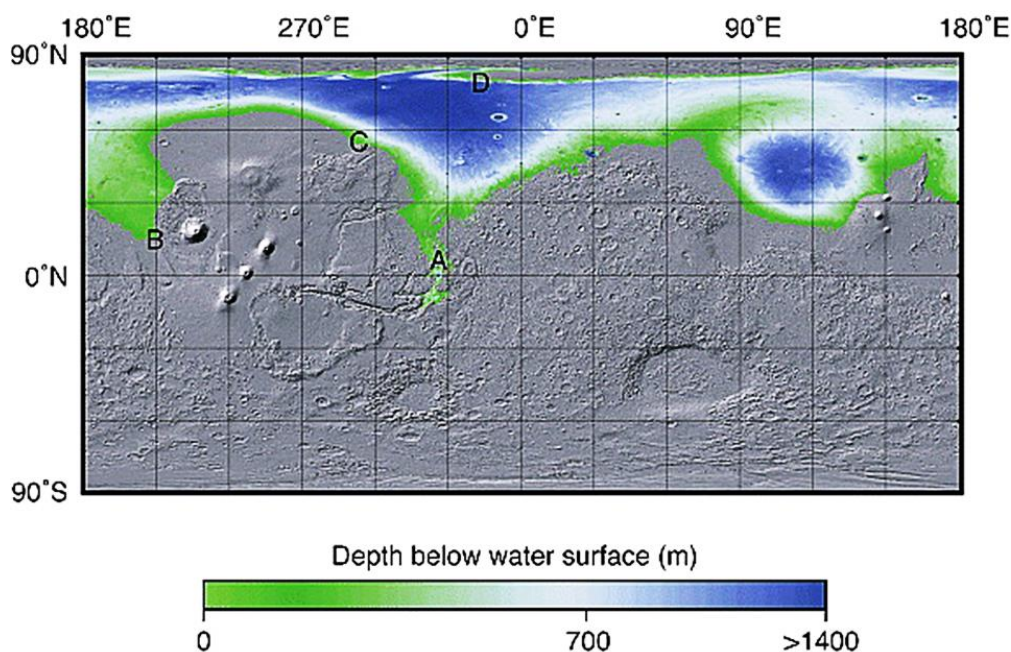


Рис. 1. Опускання поверхні у відповідь на зміни навантаження від води на Марсі: можливий вплив на геометрію стародавньої берегової лінії [4]

У лютому 2019 року були опублікували геологічні докази стародавньої загальнопланетної системи підземних вод, яка, ймовірно, була пов'язана з передбачуваним величезним океаном [7]. А у вересні того ж року повідомили, що посадковий модуль «InSight» виявив магнітні коливання, що відповідають загальнопланетному резервуару рідкої води глибоко під поверхнею.

Визначений за даними спектрометрії з марсоходів «Спіріт» і «Оппорт'юніті» склад різних сполук заліза на поверхні Марса також вказав на можливу наявність води в

минулому [20]. За цими ж даними вперше було виявлено карбонати, які входять до складу восьми десятків мінералів Землі і складають близько 2% її маси, та які утворюються лише за наявності води й вуглекислого газу. Це також підкріпило гіпотезу, за якою в далекому минулому на Марсі мали бути великі запаси рідкої води. Аналіз зразків каменю «El Capitan» виявив сульфати й мінерали, які могли утворитися лише в присутності води. Пізніше подібне відкриття зробив марсохід «Спіріт», який просвердлив камінь «Humphrey» і виявив там порожнечі, що могли утворитися лише під дією води. А в самих порожнечах були знайдені поклади мінералів, які також можуть утворюватися лише в присутності води.

Про наявність підповерхневого льоду свідчить приклад сублімації, коли твердий лід одразу перетворюється на пару, минаючи рідкий стан. Лід, який знайшов КА «Фенікс», лежав на глибині всього у 7-8 см під шаром буро-рудого ґрунту, недалеко від межі полярної шапки, яка зменшилася з приходом заполярного літа. Розрахунки показують, що вода має бути і на широтах менших 60°, але на глибині понад 20-30 см. Тоді як КА «Вікінг-2» свого часу прокопав марсіанський ґрунт лише на глибину до 15 см, і тоді льоду не виявив.

Досить вагомі докази існування води на Марсі дав аналіз одних і тих самих ділянок поверхневого шару на зображеннях, отриманих КА «Mars Global Surveyor» та «Mars реконнейсенс орбітер» у 1999, 2001 та 2004, 2005 рр., який виявив зміни, що могли бути зумовлені лише рідиною [11, 19]. Було виявлено промоїни на підсонячних схилах долин і кратерів, де спостерігалися яскраво забарвлені відкладення, яких не було раніше та які можливо є грязю, сіллю, або інієм, залишеним потоками рідини.

Це означає, що Марс є геологічно значно активнішим, ніж раніше вважалося, та що активність потоків зосереджена в середніх широтах. Адже знайдені структури не старші кількох десятків чи навіть одиниць років і нагадують сліди рідини, що просочується з-під кори вічної мерзлоти. Характерно, що всі сліди водно-селевої ерозії були виявлені на північних схилах глибоких каньйонів у північній півкулі і на південних схилах у південній півкулі, де атмосферний тиск хоч і ненадовго, але дозволяє зберегти воду від моментального холодного закипання. Вважають, що вода просочилася з тріщин, які виникли після падіння метеорита, що пробив один із численних підземних резервуарів. Кількість води, що встигла пройти сотні метрів, була еквівалентною об'єму води приблизно у 5-6 стандартних плавальних басейнах.

Зараз поверхня Марса представляється безводною й безжиттєвою пустелею, над якою лютують бурі, що здіймають пісок і пил на висоту до десятків кілометрів [5, 10]. Під час цих бур швидкість вітру може інколи перевершувати сотню метрів за секунду. Сучасне середнє значення тиску марсіанського повітря, яке становить 0.006 тиску земної атмосфери, дещо менше від потрійної точки води [9]. Це означає, що тепер на Марсі не можуть існувати відкриті водоймища, а вода на планеті міститься або в товщі ґрунту [12, 13] як вічна мерзлота, або у вигляді відкритих льодів і снігу, а також, у дуже невеликій кількості – у газоподібному вигляді в атмосфері. Водоймища, якби вони існували, неминуче б замерзли і випаровувалися. Добре відомим великим резервуаром водяного льоду на Марсі – є північна полярна шапка (Рис. 2). Верхня частина південної полярної шапки складається головним чином із замерзлої вуглекислоти. Дослідження Марса космічними апаратами «Mars Global Surveyor» й «Mars Odyssey» доводять, що під поверхневим шаром на глибині не більше 5 м знаходиться величезна кількість льоду, а місцями, можливо, є й вода у рідкому стані. Якщо б весь лід розтопити, то на думку фахівців ця вода покрила б Марс 500 метровим шаром.

На знімках Марса можна розглядити контури каналів навіть цілий океанський басейн у північній півкулі. Нагадаємо, що річкові русла на Марсі було виявлено ще в 70-х роках минулого століття. Це означає, що в минулому клімат там був іншим, таким що рідка вода могла текти по поверхні планети. Нова спостережна інформація показує, що

такий марсіанський океан за всю геологічну історію планети при некатастрофічних подіях мав би втратити лише декілька сантиметрів. Припускали, що в періоди після катастроф Марс змінювався і протягом кількох десятиліть (щонайбільше століть) клімат ставав все теплішим і вологішим; потім холод знову повертався – і так до наступного катаклізму. Доводом на користь катастрофічного походження наявного рельєфу є те, що виявлені річкові долини практично не мають ознак притоків, які впадають в головне русло. Це свідчить про те, що річки не були такими розвиненими, як земні. Марс після кожної катастрофи неминуче знову охолоджувався, так що вода замерзала.

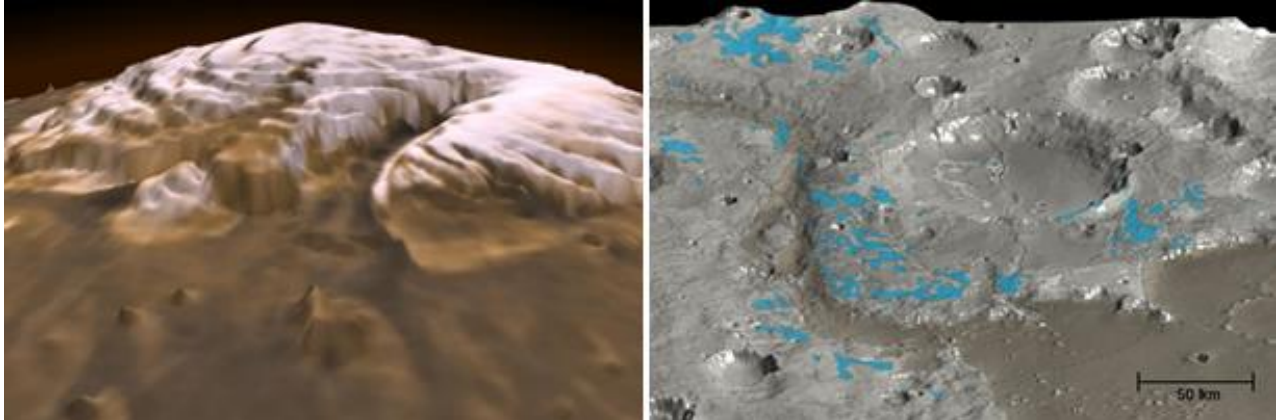


Рис. 2. Ліворуч – північна полярна шапка в комп'ютерній реконструкції за даними лазерного локатора; вертикальний масштаб збільшено приблизно в 100 разів. Праворуч – показано розташування водовмісних мінералів – філосилікатів і гідратованих сульфатів по даних, отриманих спектрометрами «OMEGA» (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Таким чином зима на Марсі була майже нескінченна і порушувалася тільки короткочасними періодами, коли йшли гарячі дощі і мали місце великі повені. Однак, для того, щоб «промити» річкове русло, досить і короткочасного викиду великої водної маси, а от для зародження життя [16-18] потрібний вельми тривалий період вологого клімату. Дж. Поллак з колегами вперше висловив гіпотезу, що близько 3.5 млрд років тому на Марсі було тепло і волого, його оповивала щільна атмосфера, текли річки та бушували океани [6]. Тепер атмосферний тиск на Марсі близький до потрібної точки води. Припускають, що поки тиск перевищував це значення, в атмосфері діяв один з відомих у геохімії циклів – карбонатно-силікатний, достатньо активний на Землі. Він полягає в тому, що вуглекислий газ розчиняється в краплинах хмар, а потім осідає, переноситься в ґрунт і там бере участь у ланцюжку реакцій, зумовлюючи врешті-решт відкладення карбонатів в осадових породах. Непрямою ознакою зміни умов у півкулях у глобальному водному циклі служать концентричні шаруваті відкладення полярних шапок (Рис. 1). Не виключено, що впродовж марсіанської історії шапки багато разів мінялися місцями.

За допомогою спектрів у видимому і ближньому інфрачервоному діапазоні на поверхні Марса вдалося виявити області, що містять водовмісні мінерали філосилікати і гідратовані сульфати (Рис. 3). Обидві ці групи мінералів виникають в результаті хімічних змін гірських порід, але розрізняються механізмом утворення [8]. Філосилікати утворюються з магматичних порід при тривалому контакті з водою. Гідратовані сульфати також утворюються під впливом води. Причому ця дія не обов'язково повинна бути тривалою, та зате необхідно, щоб вода мала високу кислотність. Виявлення цих мінералів ясно вказує на те, що в минулому на поверхні Марса була присутня вода. Відкладення, багаті філосилікатами, утворилися на Марсі в давній геологічний період, що закінчився приблизно 3.5 млрд років тому. Передбачається, що у той час на Марсі була достатньо багато води і вона навіть могла бути присутньою на поверхні в рідкому вигляді.

Така гіпотеза пояснює, чому ділянки, де виявлені філосилікати, не пов'язані з сухими руслами й іншими можливими слідами води на поверхні Марса. Тобто, подібні русла могли утворитися пізніше. Наявність численних звивистих долин з великою протяжністю, з притоками і островами, що нагадують висохлі русла земних річок, повинно свідчити про те, що раніше на поверхні Марса були такі умови [15], при яких була можливість для існування рідкої води на поверхні.

Список використаних джерел:

1. Carr M.H. (1996) Channels and valleys on Mars: cold climate features formed as a result of a thickening cryosphere. *Planetary and Space Science*. 44(11), p. 1411-1417.
2. Clifford S.M., Parker T.J. (2001) The Evolution of the Martian Hydrosphere: Implications for the Fate of a Primordial Ocean and the Current State of the Northern Plains. *Icarus*, 154(1), p. 40-79.
3. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
4. Leverington D. W., Ghent R. R. (2004) Differential subsidence and rebound in response to changes in water loading on Mars: Possible effects on the geometry of ancient shorelines. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 109(E1), p. 1-10.
5. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration*, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010. 8
6. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
7. Salese F., Pondrelli M., Neeseman A., Schmidt G., Ori G.G. (2019) Geological Evidence of Planet-Wide Groundwater System on Mars. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 124 (2), p. 374-395.
8. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015. 11
9. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68. 27
10. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12. 26
11. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249. 10
12. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26. 42
13. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27. 36
14. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. – Vinnytsia: FOP "NP Kostiuk". – 241 p. P. 43-48. 17
15. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17. 23
16. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16. 11
17. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? *Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments*, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002. 28
18. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. *Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life*. 2014. 3005. 11
19. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS. May 23-24, 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93. 24

20. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p. 69

21. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p. 3

22. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.

23. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232. 2

HISTORY OF WATER ON MARS

Anatoliy Vidmachenko - Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi - PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov - PhD, Senior Research Fellow

According to data from orbital modules and rovers, the stages of the development of events on Mars have been reconstructed. During the Phyllocian era, which began 4.5 billion years ago and lasted ~500-1000 million years, Mars was a wet planet, and therefore the rocks at that time were subject to water erosion. After global climate changes, possibly caused by volcanic activity, the Theikian Era began. It lasted until 3.5 billion years ago. About 3.3 billion years ago, the Siderician era began. It was at that time that large-scale formation of iron oxides began, which could give the planet a reddish color. The present-day valley and channel systems of Mars also testify to the past presence of flowing water on the surface. Therefore, it is assumed that the early Martian environment was different from the cold and dry conditions of today. Thus, the winter on Mars was almost endless and was interrupted only by short periods when it rained and great floods occurred.

Key words: Mars, atmosphere, global climate changes, geological eras, water on the planet.

МОРЯ ТА ОЗЕРА НА МАРСІ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Борис Грудинін – д-р фіз.-мат. наук, доцент

Раніше на поверхні Марса була вода, текли річки, могла бути значна кількість кисню. Атмосфера та вода були втрачені після потужного бомбардування великими метеороїдами. А знайдений у марсіанських породах гематит вказує на те, що у товщі вічної мерзлоти можуть існувати умови для утворення озер із рідкої води. Вони мають можливість підігріватися локальною тектонікою. Глибокі підземні області могли бути й місцями для біологічної діяльності. На переданих з Марса фотознімках гірських масивів планети було, можливо, зафіксоване величезне крижане море, під льодом якого може й зараз бути вода. Розрахунки показали, яку саме кількість геотермального тепла необхідно для досягнення значень температури, при якій рідка суміш перхлоратів з водою не замерзала б під дослідженою кількістю льоду.

Ключові слова: Марс, зміни клімату, вода на планеті, локальна тектоніка, крижане море.

Вважають, що раніше на поверхні Марса була вода, текли повноводні річки, могла бути значна кількість кисню, завдяки якому Марс і міг набути червоного кольору [25]. За одним з припущень, атмосфера та вода [19, 27] були втрачені після потужного

одноразового бомбардування великими метеороїдами, котрі могли з'явитися після гравітаційного розриву гіпотетичного третього супутника Марса – Танатоса («Смерть»). Саме тоді атмосферний кисень окислив місцеві породи, і тому там переважають темні породи (андезіти і базальти з високим вмістом оксиду заліза у складі силікатних мінералів); а основу поверхневого ґрунту становлять продукти вивітрювання із червоно-бурих оксидів заліза із домішками глини та сульфатів кальцію й магнію. Про можливе бомбардування говорять існуючі метеорні кратери, та велика кількість на поверхні магнітного піску (магеміту), котрий утворюється при окисленні магнетиту за одночасного сильного нагрівання. А знайдений у марсіанських породах гематит [7, 23] свідчить про гідротермальну активність, причому у відносно недавню історичну епоху.

Наявність цього мінералу може вказувати на те, що у товщі вічної мерзлоти можуть існувати умови для утворення досить великих (завтовшки у 30-100 м з діаметрами до 10 км) озерних лінз із рідкої води, котрі мають можливість підігріватися локальною тектонікою. У деяких випадках лінзи можуть перегріватися і навіть закипіти. Тоді раптове витіснення води масою понад 10^9 тон на поверхню може привести до формування катастрофічного селевого потоку, який створив би глибокий каньйон. Істотним є те, що у такому випадку тектиме вже не рідка вода, а суміш грязі, льоду й пари; причому, такі витоки відбуватимуться лише епізодично. Але щоб пояснити таким механізмом реальний марсіанський рельєф, необхідно виконати докладні чисельні розрахунки.

Зараз на Марсі є зумовлена ексцентриситетом ($e=0.09$) асиметрія зміни сезонів [13] у півкулях, коли зміна сонячного потоку між афелієм і перигелієм досягає 40%. Тому літо в північній півкулі довше й холодніше, ніж у південній. На відносно невеликій висоті в атмосфері (нижче 10 км) домінують направлені до екватора повітряні потоки глобального конвективного переносу. На Землі – це так звані пасатні вітри. Вище за рівень конденсації вода не проникає через швидке гравітаційне осідання мікронних кристалів конденсату. Цей ефект приводить, зокрема, до утворення в афелії тропічного поясу хмар, який зберігає випаровану полярною шапкою воду в північній півкулі. Водночас у перигелії (у набагато тепліший період часу) хмари слабко впливають на перенос між півкулями, і тому вода, що випаровується з південної полярної шапки, перемішується рівномірніше. За геологічно короткий час такий сезонний «насос» цілком міг би перекачати воду до тієї півкулі, літо в якій припадає на проходження афелію орбіти [24].

Про наявність підповерхневого льоду свідчить приклад сублімації, коли твердий лід одразу перетворюється на пару, минаючи рідкий стан. Наприклад, лід, який знайшов космічний апарат (КА) «Фенікс», лежав на глибині всього у 7-8 см під шаром буро-рудого ґрунту, недалеко від межі полярної шапки; вона зменшилася з приходом заполярного літа. Розрахунки показали, що вода є і на широтах менших від 60° , але на глибині понад 20-30 см. Із аналізу спектральних даних з'ясували, що насправді замерзла суміш складається лише із близько одного відсотка грязі та водяного льоду. І тут не йдеться про якесь дуже далеке «вологе минуле» Марса у мільярди років тому [26]. Таким чином, лід є не лише на полюсах, але й поблизу екватора. Наявність льоду тут пояснюється дуже низькою теплопровідністю ґрунту, через яку за добу ґрунт прогрівається лише на дуже невелику глибину.

Відкладення, багаті філосилікатами, утворилися на Марсі ще в давній геологічний період, який закінчився приблизно 3.8-3.5 млрд років тому. Передбачається, що у той час на Марсі була достатньо багато води і вона навіть могла бути присутньою на поверхні в рідкому вигляді. Згодом змінені водою породи були покриті вулканічними лавовими полями. У наш час ерозія лише в деяких місцях оголила стародавні породи, які містять філосилікати.

Сліди, які свідчать про те, що глибоко під поверхнею Марса колись давно перебувала вода, проявилися завдяки розломам, викидам і зсувам, виявленим на поверхні планети. Ці глибокі підземні області могли бути й місцями для різноманітної біологічної

діяльності, яка, можливо, там відбувалася [20-22]. Тому вони (разом із ділянками Марса, покритими глинистими матеріалами) можуть бути ще одним перспективним місцем для пошуку слідів життя. Тим більше, що такі ж смужки уздовж тріщин і зламів поверхні були виявлені не тільки на знімках Candor Chasma, але й у декількох інших районах планети. Перспективне зображення області Echus Chasma свідчить про те, що, у всякому разі на цій частині поверхні Марса, рідка вода була ще мільярд років тому. Пізніше, планета остигла, озера замерзли і сформували льодовики, які своїми потоками й «порізали» долину Kasei Valles [16, 17].

Через відсутність порівняно невеликих потоків в марсіанських мережах долин можна вважати, що долини утворилися перш за все водою, що витікає з-під ґрунту, а не у результаті випадання опадів. Хоча рідка вода у даний час на поверхні Марса надзвичайно нестійка, та теоретичні дослідження показують, що повільна ґрунтова вода все ж могла б сформувати мережі долин у випадку, якщо б вода витікала, наприклад, з-під замерзлої криги [15]. Оскільки такі долини обмежені відносно старими регіонами Марса, то їх присутність, можливо, вказує на те, що Марс колись все ж мав теплий і вологий клімат у його ранній історії.

А на початку осені 2000 року на переданих з Марса фотознімках [12, 14] гірських масивів планети було, можливо, зафіксоване величезне крижане море, під льодом якого може й зараз бути вода (Рис. 1).

У середніх широтах Марса зараз зосереджена помітна потокова активність. Тобто, отримані останнім часом спостережені дані показують, що й сьогодні Марс є геологічно активнішим небесним тілом, ніж це уявлялося раніше [1, 2]. Оскільки шкідливий вплив іонізуючого випромінювання на клітинну структуру є ще одним із важливих факторів, що обмежують виживання можливих життєвих форм на поверхні планети, то найкращими потенційними місцями для їх виявлення можуть бути підземні середовища на Марсі.

У вересні 2019 року появилися повідомлення, що апаратурою посадкового модуля «InSight» були виявлені незрозумілої природи магнітні імпульси та магнітні коливання, які можуть відповідати значному резервуару із рідкою водою глибоко під поверхнею. Гіпотеза про існування підльодовикових озер на Марсі була висунута тоді, коли при моделюванні можливості наявності озера в Антарктиді вдалося показати, що таке озеро цілком могло існувати у часи до заледеніння в Антарктиді. Вважають, що подібний сценарій потенційно міг мати місце і на Марсі. У липні 2018 р. було повідомлено, що на 1.5 км нижче верхнього рівня південної полярної крижаної шапки було виявлено підльодовикове озеро на Марсі. Воно мало близько 20 км по горизонталі, і стало першим доказом стабільності такої маси рідкої води на цій планеті [8]. Доказом існування марсіанського озера стало отримання яскравої плями за даними радіолокатора (РЛ) MARSIS на борту космічного апарату (КА) «European Mars Express» [8], отриманими у 2012-2015 рр. Виявлене озеро розташоване на широті 81°S на рівнинній місцевості без особливих топографічних характеристик. Місцевість оточена підвищеннями [8].

У 2020 р. відкриття РЛ MARSIS вдалося підтвердити з допомогою нових отриманих даних та проведеного повторного аналізу всіх існуючих результатів. Ці додаткові радарні дослідження повідомили про наявність там ще трьох підлідних озер. Вони також розташовуються на 1.5 км нижче верхнього рівня південної полярної крижаної шапки. Розміри найбільшого найпершого знайденого озера було скориговано до 30 км у діаметрі. Кожне з трьох менших озер мають діаметри по кілька кілометрів [5]. Оскільки температура на поверхні полярної шапки була близько 205 К, то зрозуміло, що вода могла залишатися в озерах у рідкому стані лише завдяки ефектам, викликаним наявністю там антифризу із перхлоратів магнію та кальцію [8-10].

Півтора кілометровий шар замерзлої речовини над озерами, складається з водяного льоду, який має 10-20% домішок із пилу. Крім того, цей шар зверху ще й сезонно покривається 1-метровим шаром льоду CO₂ [8].

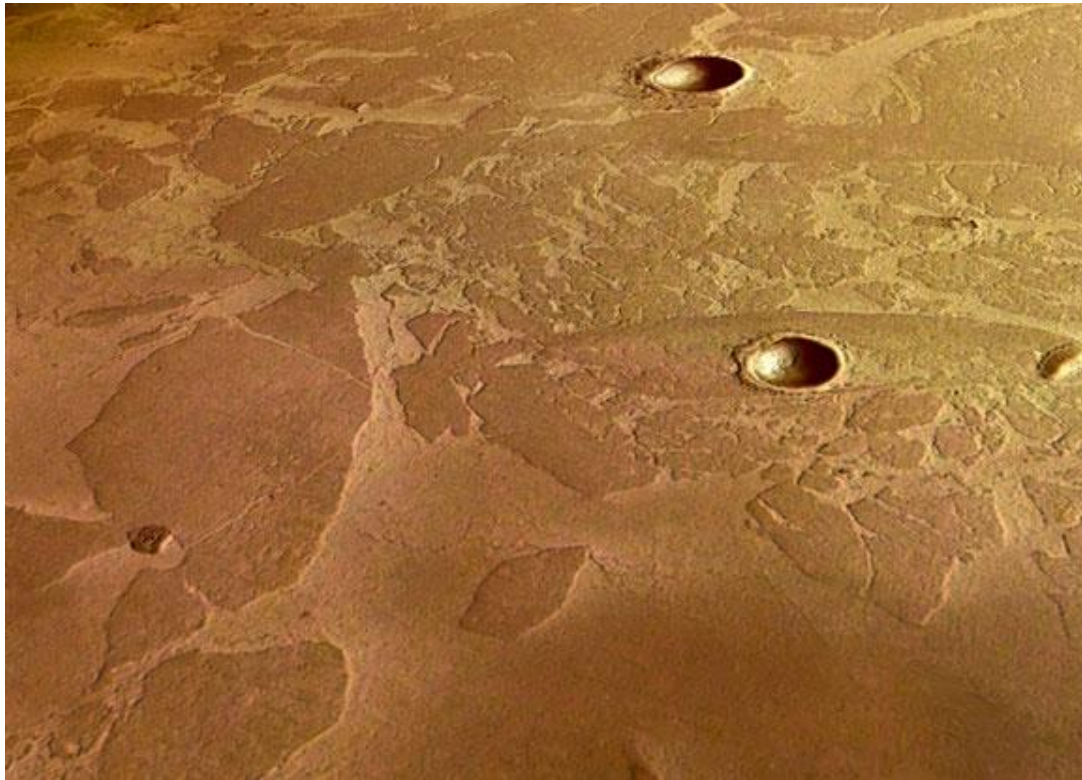


Рис. 1. Можливе замерзле море на Марсі поблизу екватора (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

У 2019 році було опубліковано дослідження, у котрому розглядалися фізичні умови, які були б необхідні для утворення і тривалого існування подібних озер [11].

Розрахунки показали, яку саме кількість геотермального тепла необхідно для досягнення значень температури, при якій рідка суміш перхлоратів з водою не замерзала б під дослідженою кількістю льоду. У роботі [6, 11] отримано висновок, що навіть при існуванні локальних концентрацій значної кількості перхлоратів під південною полярною льодяною шапкою, існуючі умови на Марсі є надто холодними для того, щоб там можна було розтопити лід для додаткового збільшення кількості рідкої води без наявності локального джерела тепла в марсіанській корі. Причому, для цього потрібне джерело підвищеної температури типу, наприклад, магматичної камери у межах до 10 км від місця розташування льоду, який потрібно розтопити.

Такий результат засвідчує факт того, що якщо інтерпретація отриманих спостережних даних щодо наявності рідкої води є правильною, то гарячий магматизм у мантії Марса міг бути досить активним зовсім нещодавно.

Відмітимо, що якщо рідке водяне озеро існує насправді, то його вода може бути перемішана з ґрунтом та утворити мул. І хоча висока солоність води в цьому озері може створити певні труднощі для переважних форм життя [18]. Але на Землі й зараз існують такі організми, як галофіли. Вони досить добре почуваються в умовах із надзвичайно високою солоністю води. Хоча тут все ж не так темно і холодно, як на Марсі, та й перхлоратні розчини не настільки концентровані [3]. Але все ж, галофільні організми мають можливість справлятися із такими підвищеними концентраціями перхлоратних солей [4].

Одним із можливих пояснень даних радіолокаційних спостережень у Голдстоуні ще в 1971 і 1973 рр. про аномальну за відбивною здатністю деталь на Марсі у районі Solis Lacus, із надзвичайно гладкою поверхнею, також є присутність там рідкої води на глибині всього близько 0.5-1 м [6].

Список використаних джерел:

1. Carr M.H. (1996) Channels and valleys on Mars: cold climate features formed as a result of a thickening cryosphere. *Planetary and Space Science*. 44(11), p. 1411-1417.
2. Clifford S.M, Parker T.J. (2001) The Evolution of the Martian Hydrosphere: Implications for the Fate of a Primordial Ocean and the Current State of the Northern Plains. *Icarus*, 154(1), p. 40-79.
3. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
4. Heinz J., Doellinger J., Maus D., Schneider A., Lasch P., Grossart H.-P., Schulze-Makuch D. (August 10, 2022) Perchlorate-specific proteomic stress responses of *Debaryomyces hansenii* could enable microbial survival in Martian brines. *Environmental Microbiology*, 24(11), p. 5051-5065.
5. Lauro S.E., Pettinelli E., Caprarelli G., et al., (2020) Multiple subglacial water bodies below the south pole of Mars unveiled by new MARSIS data. *Nature Astronomy*. 5, p. 63-70.
6. Leverington D. W., Ghent R. R. (2004) Differential subsidence and rebound in response to changes in water loading on Mars: Possible effects on the geometry of ancient shorelines. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 109(E1), p. 1-10.
7. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration*, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.
8. Orosei R., Lauro S.E., Pettinelli E., et al. (2018) Radar evidence of subglacial liquid water on Mars. *Science*, 361(6401), p. 490-493.
9. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
10. Salese F., Pondrelli M., Neeseman A., Schmidt G., Ori G.G. (2019) Geological Evidence of Planet-Wide Groundwater System on Mars. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 124 (2), p. 374-395.
11. Sori M.M., Bramson A.M. (2019) Water on Mars, With a Grain of Salt: Local Heat Anomalies Are Required for Basal Melting of Ice at the South Pole Today. *Geophysical Research Letters*. 46(3), p. 1222–1231.
12. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
13. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
14. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
15. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
16. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
17. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.
18. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP "NP Kostyuk". - 241 p. P. 43-48.
19. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
20. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.
21. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? *Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments*, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
22. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. *Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life*. 2014. 3005.
23. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS. May 23-24, 2018. Uman, Ukraine, p. 91-93.

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

25. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.

26. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.

27. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

SEAS AND LAKES ON MARS

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Borys Grudynin – Doctor of Science, Associate Professor

Previously, there was water on the surface of Mars, rivers flowed, and there could be a significant amount of oxygen in its atmosphere. The atmosphere and water were lost after a heavy bombardment by large meteoroids. And the hematite found in the Martian rocks indicates that the permafrost layer may have conditions for the formation of liquid water lakes. They can be heated by local tectonics. Deep underground areas could also be places for biological activity. Photographs of the planet's mountain ranges transmitted from Mars may have recorded a huge sea of ice, under which there may still be water. Calculations showed exactly what amount of geothermal heat is necessary to reach the temperature values at which the liquid mixture of perchlorates and water would not freeze under the investigated amount of ice.

Key words: Mars, climate changes, water on the planet, local tectonics, icy sea.

ВОДА ТЕЧЕ ПО ПОВЕРХНІ МАРСА Й ЗАРАЗ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Пошук води на Марсі є одним із важливих завдань марсіанських експедицій. Вода під поверхнею відіграла важливу роль у формуванні структур рельєфу на поверхні. Проведені космічними апаратами дослідження показують, що раніше на поверхні Марса були умови, при яких там існувала рідка вода. Існуючі русла річок могли утворитися при виверженнях із підземних резервуарів через тріщини у льоду, або внаслідок повільного просочування ґрунтових вод з під поверхні. Дослідження доводять, що під поверхнею знаходиться багато льоду, а можливо й вода у рідкому стані. Тобто Марс є геологічно активнішим, ніж це уявляли раніше.

Ключові слова: Марс, зміни клімату, вода на планеті, русла річок, геологічна активність.

Пошук води на Марсі визнано одним із найважливіших завдань усіх марсіанських експедицій. Крім того, що виявлення водних джерел на поверхні Марса мало б величезне значення для астробіології, здатність планети підтримувати життя [9, 16, 18-20] подало б неоціненну підтримку тим, хто закликає уряди Землі задуматися над космічною експансією [6, 7]. І якщо на Марсі дійсно є досяжні джерела води, то здійснити такі програми було б набагато простіше. Наявність води під поверхнею Марса відіграла

важливу роль у формуванні структур рельєфу на поверхні планети [8, 13]. Ця вода із розчиненими мінералами [10] виходила на поверхню, у кратери і навколо них, та допомагала утворювати шари ґрунту, додаючи до нього мінерали [24], особливо сульфати [2], і цементуючи відкладення. Тобто, деякі близькі до поверхні шари могли бути утворені ґрунтовими водами [25]. Проведені за даними космічних апаратів (КА) дослідження показують, що схожі види відкладень існують на обширній території планети. Один із механізмів утворення замерзлого шару з водного льоду пов'язують з глобальними пиловими бурями, коли пил осідав з атмосфери [12], а потім знову піднімався при сезонному [11] переміщенні вуглекислого газу і води, та накопичувався у шаруватих відкладеннях (Рис. 1, ліворуч). Наявність численних долин з великою протяжністю, з притоками і островами, що нагадують висохлі русла земних річок, повинно свідчити про те, що раніше на поверхні Марса були такі умови, при яких була можливість для існування рідкої води на поверхні [14]. Деякі русла річок могли утворитися при катастрофічних виверженнях із підземних водних резервуарів через тріщини у льоду на поверхні. А розгалужені річища на Марсі (Рис. 1, посередині) мали утворюватися внаслідок повільного просочування ґрунтових вод з під поверхні, як з можливого джерела. Вважають, що це, можливо, відбувається й зараз. А вже у 2019 р. появились геологічні докази про стародавню загально планетну систему підземних вод. На це вказали дані із посадкового модуля «InSight», які показали наявність незрозумілих магнітних імпульсів та магнітних коливань. Вони відповідають деякому резервуару рідкої води глибоко під землею.

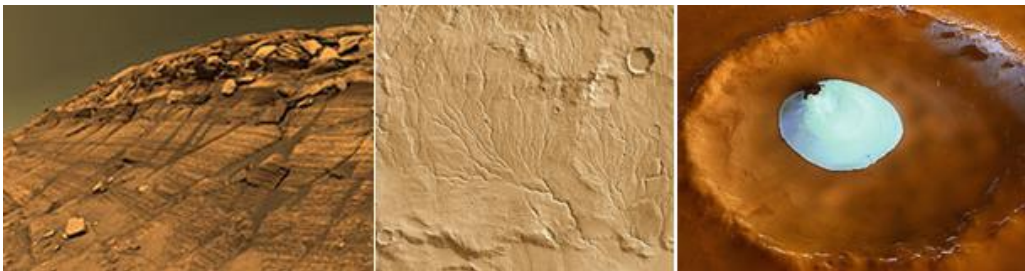


Рис. 1. Ліворуч – стратиграфія еолових дюн у скелі Бернс у кратері Ендюранс [3]. Посередині – система висохлих русел з багатьма притоками, які, «впадають» у можливе колишнє море. Праворуч – диск водяного льоду та інію на поверхні Марса (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

У 2006 р. з КА отримали зображення дна кратера діаметром 35 км та глибиною 2 км на рівнині Vastitas Borealis на широті 70°N. У ньому виявили чистий круглий крижаний диск (Рис. 1, праворуч) товщиною до 200 м. Значення температури та тиску в цьому регіоні такі, що там ніяк не може бути замерзлий діоксид вуглецю. Тому дані поклади віднесли до водяного льоду. Вал кратера має висоту у 300 м, і він закриває доступ до льоду прямого сонячного світла. Те, що на потокових схилах та в каналах майже немає ударних кратерів, свідчить на користь їхньої геологічної молодості (від кількох мільйонів років до кількох днів).

Для пояснення цього були детально досліджені властивості концентрованих розчинів солей [1]. Деякі з них мають значно нижчу температуру замерзання, ніж звичайна вода. Особлива увага приділялася розчину, до складу якого входив сульфат тривалентного заліза $Fe_2(SO_4)_3$. Саме його було виявлено в деяких геологічних формаціях Марса. Виявилось, що при певних концентраціях сульфату заліза температура замерзання цього розчину дорівнює всього 205 К. А інтенсивність його випаровування майже у двадцять разів менша від показників звичайної води. Через таке поєднання властивостей цього розчину дійшли висновку, що він може залишатися в рідкому стані навіть за існуючих зараз на Марсі умов.

Дослідження Марса космічними апаратами «Mars Global Surveyor» й «Mars Odyssey» доводять, що під поверхневим шаром знаходиться величезна кількість льоду, а можливо й вода у рідкому стані. Рельєф планети у багатьох місцях виявився помереженим каньйонами, схожими на висохлі русла річок [15]; а в гирлах рівнин великих розмірів були знайдені структури осадового походження, аналогічні до шельфів та островів у дельтах річок (Рис. 2).

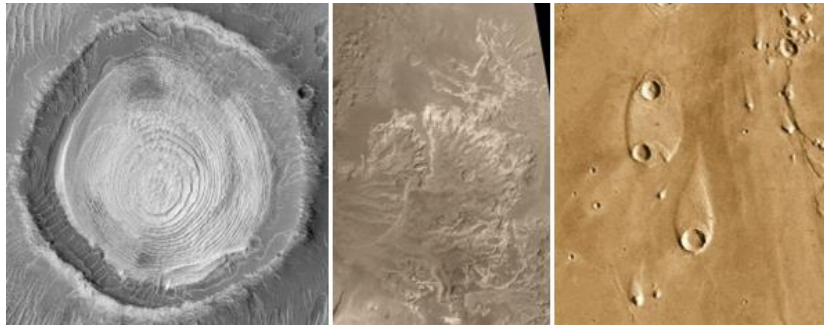


Рис. 2. Структури осадового походження (ліворуч) і можливої дельти річки на Марсі (посередині). Праворуч – показано два великі острови, сформовані за двома кратерами з діаметрами до 10 км на Chryse Planitia; висота схилу навколо верхнього острова становить 400 м, а нижнього – близько 600 м (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

У даний час атмосферний тиск на Марсі близький до потрібної точки води. В роботі [4] розглянуто випадок, коли тиск в атмосфері трохи перевищував таке значення. Тоді в атмосфері міг би діяти карбонатно-силікатний геохімічний цикл, який і зараз є досить активним на Землі. За таких умов вуглекислий газ розчиняється у краплинах хмар, і осідаючи, переноситься в ґрунт. Там він бере участь у ланцюжку реакцій, утворюючи в осадових породах відкладення карбонатів кількох типів. У результаті тектонічних процесів карбонати при температурі ~ 900 К розкладаються, і вивільнений вуглекислий газ з вулканічними викидами потрапляє назад до атмосфери. Вода, що колись, можливо, текла по сухих в даний час руслах (Рис. 3, ліворуч і посередині), найімовірніше, в тому або іншому вигляді міститься під поверхнею планети. На це ж указують останні дані, отримані з допомогою КА «Mars Odyssey». Якщо саме вода утворила канали на північ і на схід від система каньйонів у Долинах Марінера (Valles Marineris), то вона повинна була б мати страшну ерозійну силу. Внаслідок цієї ерозії досить швидко були б утворені острови, коли вода на своєму шляху натикалася на перешкоди (Рис. 2, праворуч). Влітку 2000 р. КА «Mars Global Surveyor» виявив на поверхні геологічні структури, які могли виникнути лише під впливом могутніх потоків води [17]. А на початку осені того ж року на переданих з Марса фотознімках гірських масивів було зафіксоване можливе крижане озеро, під льодом якого може бути й рідка вода (Рис. 3, праворуч).

На основі вивчення численних знімків Марса з орбітальних КА вважається практично встановленим зв'язок між вулканічною активністю та потоками води на Марсі. У результаті вулканічної діяльності [21] лід під поверхнею планети може танути, а вода – просочуватися назовні. Деякі з цих потоків мають досить молодий за геологічними мірками вік. Наприклад, біля підніжжя вулкана Олімп камери виявили сліди потоків, які, можливо, були там приблизно 30 млн років тому. Досить вагомі докази існування води на Марсі дав аналіз одних і тих же ділянок поверхні на зображеннях, отриманих КА «Mars Global Surveyor» та «Mars Reconnaissance Orbiter» у 1999, 2001 та 2004 і 2005 рр. Отримані дані дозволили виявити зміни, які могли б відбутися лише за участі рідини [22]. Так, у деяких промоїнах на освітлених Сонцем схилах долин і кратерів були виявлені яскраві відкладення, яких не було на знімках зроблених раніше на кілька років, а то й місяців. Ці відкладення – можливо грязь, сіль або іній – залишилися від потоків рідини.

Тобто Марс є геологічно активнішим, ніж це уявляли раніше [23]. Причому, така потокова активність зосереджена в середніх широтах. Виявлені потокові структури були молодшими від кількох років. Вони мали вигляд слідів рідини, яка просочувалася з під кори вічної мерзлоти. Усі сліди такої водної ерозії (Рис. 4) було виявлено на північних схилах каньйонів у північній півкулі і на південних схилах південної півкулі. Там фізичні характеристики атмосфери такі, що дозволяють зберігати замерзлу воду від негайного «холодного» закипання. Було запропоновано, що вода могла просочитися через тріщини, що утворилися, наприклад, при падінні метеоритного тіла на можливий підземний резервуар.

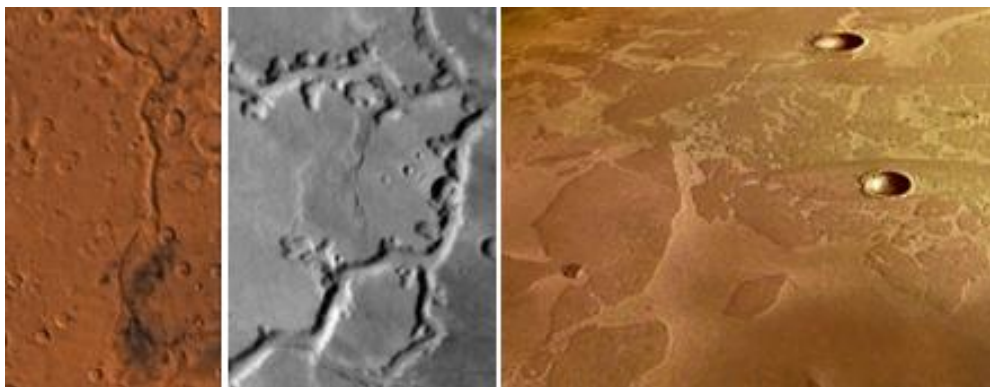


Рис. 3. Ліворуч – знімки долин Маадім; посередині – русло Ніргал; праворуч – можливе замерзле море на Марсі поблизу екватора (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>).

Тобто, на зроблених різними КА фотографіях виявилось, що поверхня планети і тепер активно перетворюється і показує явні свідчення водної ерозії. Причому, за багатьма ознаками, вода була тут зовсім недавно, а можливо, й донині продовжує свою геологічну діяльність. Це означає, що вслід за відкриттям наявності води на Марсі у вигляді льоду стає дуже вірогідним припущення про її наявність і в рідкій фазі. Зображення на Рис. 4 (ліворуч), зробленому у 2005 р. КА «Mars Reconnaissance Orbiter» у кратері в Terra Serenum, є дуже схожими на сліди рідини, яка тече. На знімку того ж кратера, зробленому іншим КА шість років тому, такого потоку ще не було. Скоріш за все, це означає, що по поверхні Марса після 1999 р. протікала рідина. Саме після аналізу знімків одних і тих же ділянок марсіанської поверхні повторених на інтервалі у декілька років вдалось отримати надійні свідчення того, що вода все ще іноді тече по поверхні Марса, принаймні по двох його територіях.

Показаний на Рис. 5 (ліворуч) схил, розташований приблизно на 37°S широти Марса. Там денні температури можуть інколи навіть перевищувати 0°C. Тому наявність там води в рідкому вигляді цілком можлива. Приведені на Рис. 5 (посередині) зображення показують основні особливості водостоку на поверхні Марса, і водостік у потресканій частині вулканічної лави на Землі. Представлені на Рис. 5 (праворуч) еродовані особливості є прикладом багатьох водостоків, розміщених на обриві рівнинного плато. Як видно, шар, з якого виходять ці водостоки, мав досить часу для того, щоб сформувати виступи нижче твердішої частини шару ґрунту. У місцях дещо більших водостоків сформувалися і більші осипання у твердішій частині ґрунту вище основного рівня виступу. Нижче від існуючого водоносного шару помітно темніші вузькі канали, по котрих зовсім недавно могло відбуватися сходження потоків по схилу донизу. Адже контрасти між темними і світлими областями є досить помітними. Навряд чи вони змогли б підтримуватися в умовах Марса протягом тривалого часу. Адже піднятий в атмосферу пил досить швидко уклав би темнішу поверхню і зменшив відмінності у їх яскравості. Це дозволяє припустити, що показана на цьому зображенні область, можливо, всього кілька

років тому піддавалася водній ерозії внаслідок просочування води. Товщина залягання такого водоносного шару у даному місці Марса не перевищує 100 м.

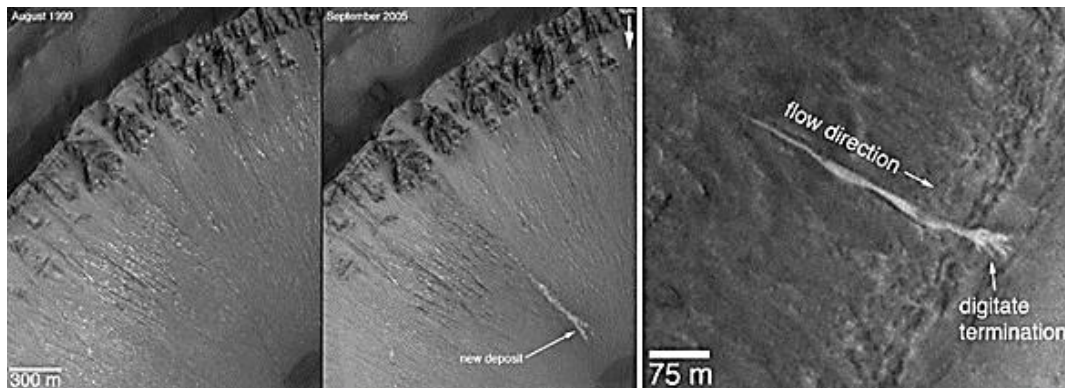


Рис. 4. Ліворуч – пара зображень у серпні 1999 і у вересні 2005 рр. показала свіжий алювіальний потік на схилах безіменного кратера в Terra Sirenum (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>). Праворуч – показано можливий потік світлого кольору, що мав місце у 2005 р. [5]

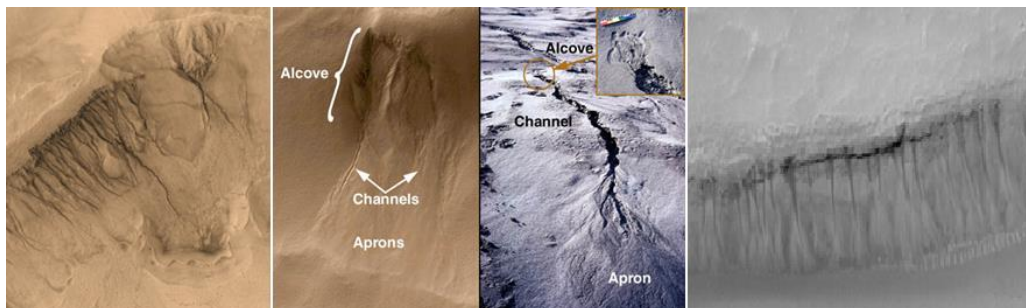


Рис. 5. Ліворуч – осипи ґрунту і ниткоподібні яри на схилі одного з кратерів; на відміну від земних ярів, вони звужуються вниз по схилу. Посередині – особливості марсіанського водостоку на південному схилі ударного кратера діаметром до 20 км на широті 54.85°S та схил вулкана Святої Єлени після виверження у травні 1980 р. Праворуч – зображення одного із підсонячних схилів долини на Марсі довжиною близько 1200 м, отримане у 2000 р. у регіоні Gorgonum Chaos (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Список використаних джерел:

1. Chevrier V.F., Altheide T.S. (2008) Low-temperature aqueous fluids on Mars. 39th Annual Lunar and Planetary Science Conference, Issue 1391, p. 1176.
2. El-Maarry M.R., Pommerol A., Thomas N. (2015) Desiccation of phyllosilicate-bearing samples as analog for desiccation cracks on Mars: Experimental setup and initial results. *Planetary and Space Science*, 111, p. 134-143.
3. Grotzinger J.P., Arvidson R.E., Bell J.F. (2005) Stratigraphy and sedimentology of a dry to wet eolian depositional system, Burns formation, Meridiani Planum. *Earth@ Planetary Science Letters*. 240(1), p. 11-72.
4. Kahn R. (1985) The evolution of CO₂ on Mars. *Icarus*. 62(2), p. 175-190.
5. Malin M.C., Kenneth S.E., Liliya V.P., Shawn M.M., Eldar Z.N.D. (2006) Present-Day Impact Cratering Rate and Contemporary Gully Activity on Mars. *Science*. 314(5805), p. 1573-1577.
6. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration*, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.
7. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. 11-12.12.2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.

8. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakoff K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
9. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, 2019, LPICo No. 2089, 6007.
10. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
11. Vidmachenko A.P. (1987) Manifestation of seasonal variations in the atmosphere of Saturn. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 3(6), p. 9-12.
12. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
13. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
14. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
15. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
16. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP “NP Kostiuk”. - 241 p. P. 43-48.
17. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the “young” Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
18. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.
19. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
20. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life. 2014. 3005.
21. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. XX International scientific conference “Astronomical School of Young Scientists”. Uman, Ukraine, p. 9-12.
22. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 23–24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine, p. 91-93.
23. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
24. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.
25. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

WATER FLOWS ON THE SURFACE OF MARS EVEN NOW

Anatoliy Vidmachenko - Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi - PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov - PhD, Senior Research Fellow

Searching for water on Mars is one of the important tasks of Martian expeditions. Water below the surface played an important role in the formation of relief structures on the surface. Studies carried out by space vehicles show that previously there were conditions on the surface of Mars under which liquid water existed there. Existing riverbeds could have been formed by eruptions from underground reservoirs through cracks in the ice, or as a result of slow percolation of groundwater from below the surface. Research shows that there is a lot of ice under the surface, and possibly - liquid water. That is, Mars is geologically more active than previously thought.

Key words: Mars, climate changes, water on the planet, riverbeds, geological activity.

СЕЛЕВІ ПОТОКИ НА ПОВЕРХНІ МАРСА

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Рідка вода зіграла помітну роль в утворенні водотоків на схилах кратерів, плато та інших западинах. Ці канали утворюються селевими потоками на схилах вниз із зони просочування. Вода випарується або замерзне. Полярні течії - це обвали або лавини киплячого сухого льоду, які несуть із собою пісок, пил і каміння. Потужність водоносного шару на Марсі становить 100-200 м. Русла марсіанських річок занадто глибокі та прямі, щоб бути руслами річок з водою. Такі канали схожі на долини в земних льодовиках. Цілком можливо, що льодовики відповідають за формування мережі цих каньйонів. Отримані дані спостережень показують, що й сьогодні Марс є геологічно активним небесним тілом.

Ключові слова: Марс, вода на планеті, річкові русла, рельєф, сель.

Розгалужені мережі долин Марса не узгоджуються з їх утворенням внаслідок раптового катастрофічного викиду води з-під поверхні. А «загартовані» шари поверхні є більш захищеними від ерозії. Зараз є свідчення того, що рідка вода могла відігравати помітну роль у формуванні деяких зі знайдених на схилах кратерів, плато та інших депресій утворень, подібних до водотоків [14, 25]. Канали на Рис. 1 утворені стіканням сильно забрудненої рідини (так званого селю) північним схилом униз від області просочування в одному з ударних кратерів діаметром 7 км. Цей невеликий кратер розташований у південно-західній частині кратера Ньютона, діаметром 287 км, сформованим понад 3 млрд років тому при зіткненні з астероїдом. На Марсі при сходженні селю вода в рідкій формі навряд чи досягає дна схилу. Вона випарується, або ж замерзне [23]. Детальне дослідження таких потоків і оцінка об'єму покладів у їх кінці дозволили приблизно оцінити мінімальну кількість води у кожному з потоків [22]. Із припущення, що склад ґрунту [5-7] подібний до ґрунту селевих потоків на Землі, доля води складає 10-30% за об'ємом, товщина покладів ґрунту біля підніжжя потоків становить до 2 м, вираховували, що при 10% вмісті води її об'єм у кожному потоці має перевищувати 2.5 тис. м³.

Марсіанською весною по освітлених Сонцем схилах приполярних каньйонів [1, 2], заповнених кригою і снігом з діоксиду вуглецю, при температурі 143 К час від часу також з'являються свіжі потоки рідини. Оскільки вода за таких температур навряд чи зможе текти, то найімовірніше це можуть бути селеві потоки на основі діоксиду вуглецю. У рідкому стані він не існує, а відразу переходить з твердого в газоподібний стан шляхом сублімації. Вважають, що ці приполярні потоки є обвалами, або лавинами киплячого сухого льоду, які несуть із собою пісок, пил і камені [11, 13, 15]. Ці еродовані утворення є прикладом багатьох водотоків на обривах рівнинного плато. На Рис. 1 видно, що північний схил кратера еродований сотнями можливих вузьких водостоків. Кожен вилив води з ґрунтом відбувався у верхній частині кратера на глибині близько 100 м під шаром ґрунту, і потім під дією гравітації прямував донизу, піддаючись випаровуванню й замерзанню. Як видно, в шарі, з якого вони виходять, є виступ нижче твердшого шару скелі. У місці порівняно більших водотоків утворилися більші осипання. Нижче можливого водоносного шару помітні темні вузькі канали, по яких, можливо, і сходили селі, котрі можуть бути наслідком просочування рідини з ґрунту, яка рухалася по схилу донизу зовсім недавно. На користь останнього свідчить те, що досить помітний контраст

між темними й світлими областями навряд чи міг зберігатися на Марсі тривалий час, тому що пил швидко укрити би темнішу поверхню і це зменшило б відмінність у їх яскравості. Такий аналіз дозволяє припустити, що показана на цьому знімку область лише кілька років тому зазнала ерозії через просочування рідини. Товщина такого водоносного шару у цій ділянці Марса менша від 200 м.

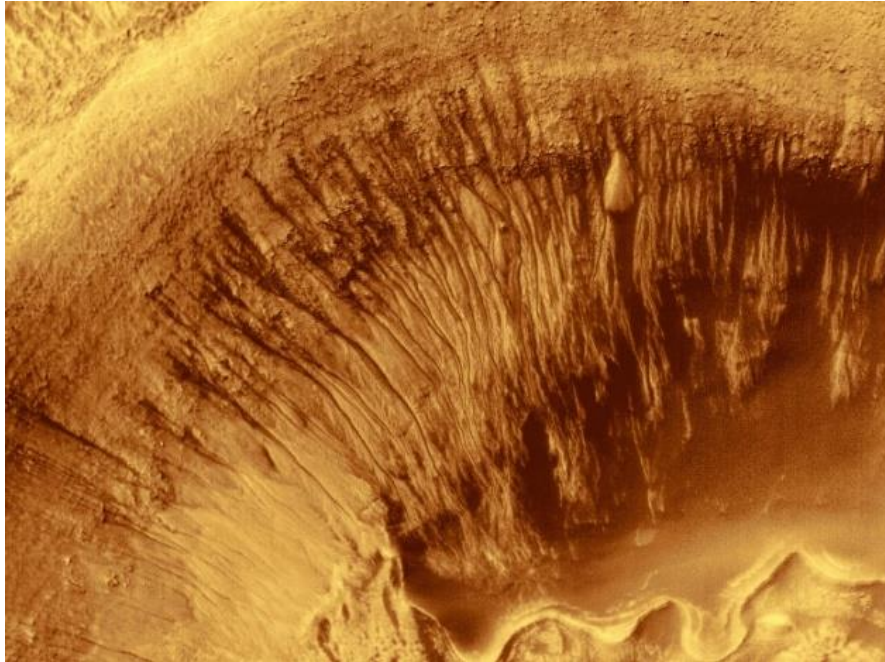


Рис. 1. Яскраві смуги з розгалуженими закінченнями, характерними для алювіальних потоків; зображення отримане у 2000 р. (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Вважається, що марсіанські русла надто глибокі та надто прямі для того, щоб бути руслами річок у звичному розумінні. Наприклад, глибина долини Ніргал – становить майже 1 км. Хоч вона й має певний нахил від витoku до гирла, рівнинні річки на Землі куди звивистіші, і це при майже втричі сильнішій гравітації. Решта долин за кількісними характеристиками також істотно відрізняються від земних річок. Але такі русла є достатньо близькими до долин в земних льодовиках. Можливо, саме льодовики є відповідальними за формування мережі каньйонів [4]. До того ж, знайдений у марсіанських породах гематит [3, 18] свідчить про гідротермальну активність планети [16], причому у відносно недавню історичну епоху. Крім того, невідомо як довго тривали сприятливі для існування рідкої води умови на поверхні Марса, та чи були русла результатом тривалої дії рівномірно протікавшої води, або ж їх виникнення пояснюється якимись катастрофічними короткочасними діями величезних мас води, що по якихось причинах перейшла з одного місця в інше [17, 19, 20].

Раніше при вивченні слідів діяльності рідкої води на Марсі, особливу увагу звертали на деталі рельєфу, які, ймовірно, були колись або руслом річки, або дном озера, чи явними проявом водної ерозії. Тепер же чергове свідчення водного минулого Марса появилось при спостереженнях «порізаного» каньйону Candor Chasma (Рис. 2, ліворуч) з просторовою роздільною здатністю краще 1 м, при яких стали видимі дуже цікаві геологічні деталі [24].

Так, у роботі [8] представлені дані, які дозволили знайти тонкі смужки світлого матеріалу уздовж ліній розломів, що тягнуться на декілька кілометрів (Рис. 2, праворуч). Вважалося, що спочатку це був своєрідний тунель, по якому текла рідина (вода, рідкий вуглекислий газ з водою, або без неї) з розчиненими в ній речовинами. Речовини з потоку випадали в осад і накопичувались на стінках цього «трубопроводу». Через мільйони років

ерозія дуже сильно змінила цю місцевість, і те, що було під поверхнею, виявилось тепер на поверхні. Це привело до появи світлих смужок на темному фоні.

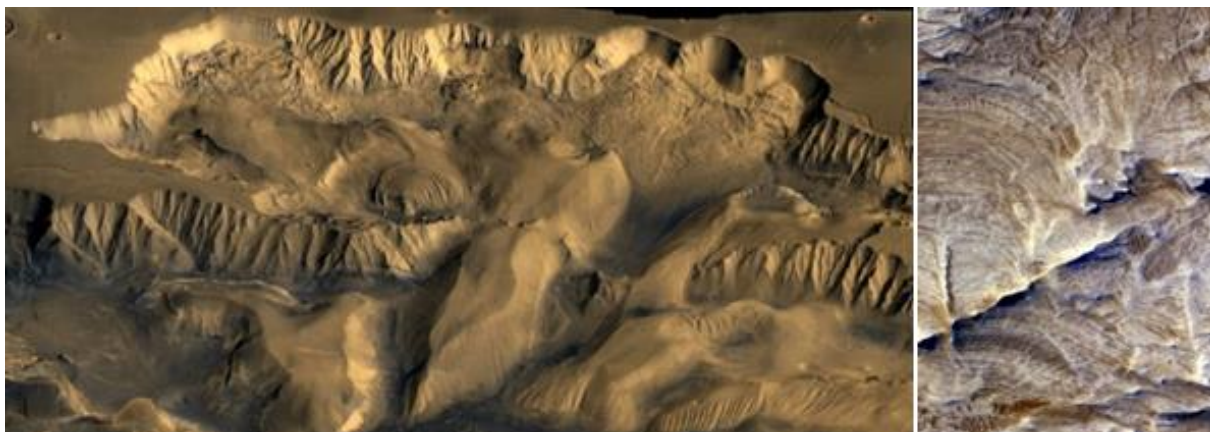


Рис. 2. Ліворуч – каньйон Candor Chasma. Праворуч – світлі ділянки скель свідчать про можливі потоки води, що колись пробігали тут (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Подекуди поверхня планети зараз покрита багат шаровими породами, схожими на земні осадові породи, котрі залишилися після відступу моря. Серед утворень, виявлених на поверхні Марса, окрім руслоподібних проточних канав, особливої уваги заслуговують і так звані меандрові долини. Їхній зовнішній вигляд і наявність притоків навряд чи можна пояснити інакше, ніж запропонувавши, що вони є висохлими руслами річок. Промоїни на дні долини в області Noctis Labyrinthus були зафіксовані (Рис. 3, ліворуч) приблизно на широті у 29°N з висоти 272 км. Такі сліди розмивання в долині, найімовірніше, виникли під впливом льодовикової, а не водної ерозії. Льодовик, що створив цю долину, живився від вод області Echus Chasma (Рис. 3, праворуч), яку знизу підігрівали вулкани [21]. Ця вулканічна активність і зумовила появу великих потоків талої води зовсім недавно з геологічного погляду – близько 20 млн років тому. Зображення області Echus Chasma свідчить про те, що, у всякому разі на цій частині поверхні Марса, рідка вода була ще мільярд років тому. Пізніше, коли планета остигла, озера замерзли і сформували льодовики, які своїми потоками й «порізали» долину Kasei Valles. Одним з доказів такої теорії є те, що дно «каналів» розташоване нижче від гіпотетичного рівня марсіанського океану. Це неможливо для води, але здійснено для льоду.

Стоки як на Землі, так і на Марсі діляться на три частини: альков, канал, і авансцена. Початок алькову формується трохи вище за місцеположення точки «просочування» рідини на поверхню, оскільки рідина прибуває під поверхнею і приводить до ерозії і просідання ґрунту, з під якого вона просочується (Рис. 4). Саме ця ерозія матеріалу приводить до його ковзання вниз і створює альков.



Рис. 3. Ліворуч – показані можливі водостоки в марсіанській області Noctis Labyrinthus; відсутність маленьких кратерів у каналах вказує на геологічну молодість; глибина долини близько 100 м, ширина – до 3 км; стіни складаються із проникних для рідини порід. Праворуч – область Echus Chasma (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Канали формуються від стікання забрудненої рідини (селю) по схилу вниз від області просочування. Точка, де внизу алькова появляється вершина каналу, в багатьох випадках є місцем появи просочування на поверхні. Авансцени – це місце накопичення покладів льоду й уламків, які були переміщені вниз по схилу і, частково, по дну каналу. Той факт, що авансцени не відходять дуже далеко від нижньої частини каналу вказує на те, що при сходженні селів вода в рідкій формі навряд чи досягає дна схилу; вона, ймовірно, або випаровується раніше, або ж замерзає.

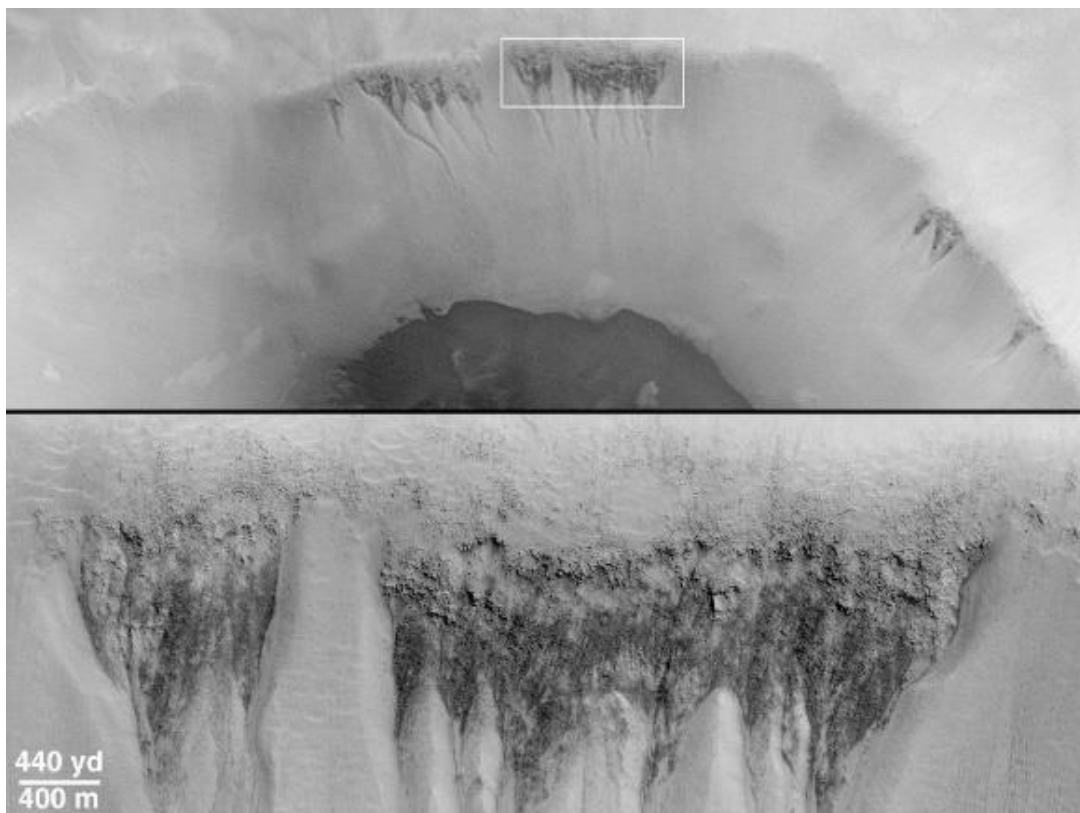


Рис. 4. Знімки області Noachis Terra отримані у 2000 рр. На фото крупного плану показано, що темні «v»-подібні яри складаються з багатьох малих, розміром у кілька метрів, рівчаків (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Численні геоморфологічні особливості свідчать про наявність на Марсі ґрунтового льоду (вічної мерзлоти) і рух льоду в льодовиках, як у недавньому минулому, так і зараз. Яри та лінії схилів уздовж скель і стін кратерів свідчать про те, що текуча рідина продовжує формувати поверхню Марса, хоча й у набагато меншому ступені, ніж у давньому минулому.

Таким чином, отримані різними космічними апаратами спостережні дані показують, що й сьогодні Марс є геологічно активним небесним тілом.

Список використаних джерел:

1. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
2. Clifford S.M., Parker T.J. (2001) The Evolution of the Martian Hydrosphere: Implications for the Fate of a Primordial Ocean and the Current State of the Northern Plains. *Icarus*, 154(1), p. 40-79.
3. Goldspiel J.M., Squyres S.W. (2000). Groundwater sapping and valley formation on Mars. *Icarus*, 148, 176-192.
4. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
5. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration*, Proceedings of the conference held 13-15, June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.
6. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 ISCo AS YS. May 24–25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.
7. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.
8. Okubo Ch., McEwen A.S. (2007) Fracture-controlled paleo-fluid flow in Candor Chasma, Mars. *Science* 315(5814), p. 983-985.
9. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
10. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, 2019, LPI Contrib. No. 2089, 6007.
11. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
12. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
13. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
14. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
15. Vidmachenko A.P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 ISCo AS YS, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine, p. 12-13.
16. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
17. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP “NP Kostyuk”. - 241 p. P. 43-48.
18. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the “young” Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
19. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? *Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments*, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
20. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. *Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life*. 2014. 3005.

21. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. XX International scientific conference “Astronomical School of Young Scientists”. Uman, Ukraine, p. 9-12.

22. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 23–24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine, p. 91-93.

23. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.

24. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 ISCo AS YS. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.

25. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

MUDFLOWS ON THE SURFACE OF MARS

Anatoliy Vidmachenko - Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi - PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov - PhD, Senior Research Fellow

Liquid water played a prominent role in the formation of watercourses on the slopes of craters, plateaus and other depressions. These channels are formed by mudflows on the slopes down from the seepage area. Water will evaporate or freeze. Polar currents are collapses or avalanches of boiling dry ice that carry with them sand, dust and stones. The thickness of the aquifer on Mars is 100-200 m. Martian riverbeds are too deep and straight to be riverbeds with water. Such channels are similar to the valleys in the earth's glaciers. It is possible that the glaciers are responsible for the formation of the network of these canyons. The obtained observational data show that even today Mars is a geologically active celestial body.

Keywords: Mars, water on the planet, riverbeds, terrain, mudflows.

ОСОБЛИВОСТІ РЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ МАРСА, ВИКЛИКАНІ ВОДОЮ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Борис Грудинін – д-р пед. наук, доцент

На освітлених Сонцем схилах кратерів і каньйонів у полярних регіонах Марса у кінці зими з'являються свіжі потоки рідини. Аналіз зображень поверхні з космічних апаратів виявив на поверхні каньйони, схожі на висохлі русла річок, та прояви водної ерозії. Раніше на планеті було тепліше, по поверхні текла рідка вода. Для утворення річкового русла достатньо нетривалого викидання великої маси води. Початки каналів та долин розташовані вище за течіями, які починаються на вершинах каньйонів. Деякі особливості рельєфу нагадують вигладжені льодовиками ділянки. Поверхня північної півкулі залягає у середньому на декілька кілометрів глибше від південної.

Ключові слова: Марс, ерозійний рельєф, зміни клімату, вода на планеті, річкові русла.

На освітлених Сонцем схилах кратерів та каньйонів у приполярних регіонах Марса по закінченні зими починають з'являтися свіжі потоки рідини [8, 9]. При температурі 143 К це має бути не вода, а потоки селів на основі вуглекислого газу. За таких умов CO₂ відразу ж сублімує із твердого у газоподібний стан. Тому спостережувані приполярні потоки є своєрідними лавинами киплячого твердого льоду з пилом, піском та камінням на стінках кратерів. У місцях виходу рідини з товщі ґрунту на різних схилах, спостерігаються виступи, розташовані трохи нижче від рівня вічної мерзлоти. Осипання ґрунтів розташовані під водоносним шаром. Саме по темніших і світліших нешироких

каналах сходять селі, які є наслідками просочування рідини з під ґрунту. Отримані космічними апаратами (КА) численні зображення поверхні Марса показують [7], що селеві потоки зовсім недавно рухалася схилами донизу. Причиною цього є наявність значного контрасту між світлішими й темнішими областями. Адже його збереження в умовах Марса підтверджує їх молодість. Інакше пил, що часто піднімається в атмосферу [6], досить швидко укрив би дані поверхні на схилах, зменшивши відмінності у їх яскравості. Геологічну молодість подібних каналів засвідчує ще й майже повна відсутність там ударних кратерів [10, 11]. Зараз уся поверхня Марса є безжиттєвою пустелею [13]. Там постійно лютують бурі, що здіймають пісок і пил на висоти до кількох десятків кілометрів. Оскільки відкриті водойми на Марсі зараз існувати не можуть, то вода там знаходиться або у вигляді вічної мерзлоти у товщі ґрунту, або ж льоду та снігу на поверхні; і зовсім у невеликих кількостях – у вигляді газу в атмосфері.

Аналіз численних зображень марсіанської поверхні, отриманих ще КА «Марінер-9» і «Вікінг-1, -2» у 1970-тих рр. виявив, що рельєф планети помережений каньйонами, схожими на висохлі русла річок, або явним проявом деякого типу водної ерозії. У гирлах великих рівнин знайшли осадові структури, аналогічні шельфам, дельтам річок та островам у цих дельтах. Це означає, що раніше клімат на планеті мав бути суттєво іншим, при якому рідка вода могла протікати поверхнею планети [18]. Проте для того, щоб утворити річкове русло, достатньо і нетривалого викидання великої маси води.

Багато каналів починаються в численних так званих Хаотичних рельєфах на поверхні планети. Це свідчить про наявність там розривів, у яких могли бути порушені льодові ущільнення під їх поверхнями [15]. Адже початок багатьох каналів та долин розташовані вище за течіями, які починаються на вершинах каньйонів. Свідчення потужного водного минулого Марса можна бачити при спостереженнях каньйону Candor Chasma [3] (Рис. 1).

Особливої уваги серед виявлених на поверхні Марса утворень заслуговують і так звані меандрові долини. Їхній зовнішній вигляд і наявність багатьох притоків навряд чи можна пояснити інакше, ніж запропонувавши, що це висохлі русла річок. Можливо, також, що меандри утворили рухомі маси льодовиків, які залишають глибокі борозни і на поверхні Землі. Крім того, з'ясувалося, що темніші області не завжди є западинами. А деякі з них, наприклад Великий Сірт, представляють собою піднесені плато зі схилами у всі сторони.

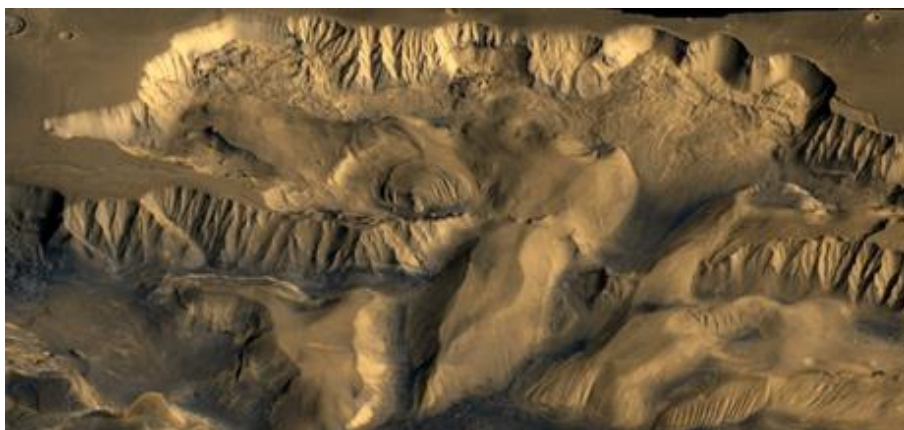


Рис. 1. Каньйон Candor Chasma (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Детальні дослідження показують, що ці русла (Рис. 2) переважно йдуть від долини Марінерів. І вони могли виникнути в ході, наприклад, якоїсь раптової повені. А деякі особливості рельєфу явно нагадують вигладжені льодовиками ділянки. Судячи з хорошого збереження цих форм, які не встигли ні зруйнуватися, ні покритися наступними нашаруваннями, вони мають відносно недавнє походження (у межах останнього мільярда

років). Тобто, є всі підстави думати, що води на Марсі чимало і що вода існує й зараз, наприклад, у вигляді мерзлоти.

Подекуди поверхня планети покрита багатошаровими породами, схожими на земні осадові породи, які залишилися після відступу моря. Так, у кратері Eagle на Плато Меридіана, розташованому майже на екваторі Марса, було виявлено підвищену концентрацію такого залізовмісного мінералу як гематит. На Землі він утворюється лише за наявності води. Деякі знахідки дозволяють припускати, що на планеті й тепер існують місця із вулканічною активністю [14]. Мова йде про вкраплення олівіну у базальтових породах та граніти з кремнієм. На КА «Mars Express» для вивчення мінералогічного складу порід застосовувався спектрометр видимого й інфрачервоного діапазонів OMEGA. За його допомогою, а також використовуючи моделі марсіанського клімату були зареєстровані багаторічні поклади водяного льоду на південному полюсі планети. Вони розташовані поверх осадових порід, вік яких становить лише кілька мільйонів років. Це свідчить про порівняно недавнє пересування льодовиків.

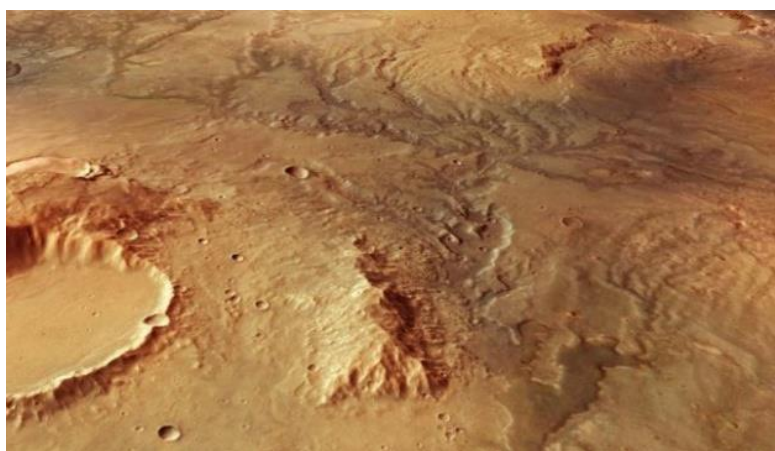


Рис. 2. Колишня розгалужена річкова система (https://uatv.ua/wp-content/uploads/2021/08/630_360_1551245923-234.jpg)

Аналіз отриманих КА даних також показав, що багаторічні відкладення навколо південного полюса Марса (Рис. 3) можна розділити на три типи: водяний лід у суміші з діоксидом вуглецю; поклади чистого водяного льоду довжиною в кілька десятків кілометрів; водяний лід вкритий тонким шаром кристалів CO_2 . Відкриття першого типу відкладень є доказом давно висунутої гіпотези про те, що холодний CO_2 захоплює водяний лід. У роботі [4] запропонована гіпотеза про те, що близько 3.5 млрд років тому на Марсі [12] ще було тепло, він тоді мав щільну атмосферу, по його поверхні текли річки і її північну полярну область займав величезний океан (Рис. 4).

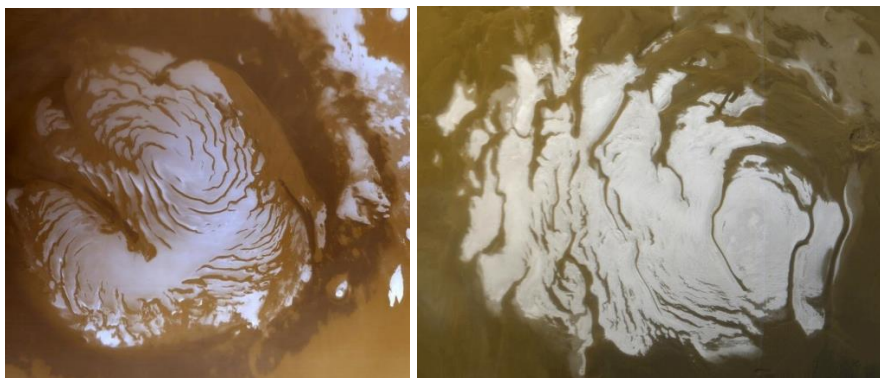


Рис. 3. Ліворуч – північна полярна шапка поперечником приблизно 1100 км влітку; праворуч – південна полярна шапка влітку (за даними КА «Марс Глобал Сервейер»)

Виходячи з фізичних особливостей процесів дисипації води та вуглекислого газу [1], вважають, що відповідальними за формування мережі каньйонів [2] є льодовикові утворення. Як видно з Рис. 4, геологічні властивості та рельєф поверхонь у північній і південній півкулях помітно розрізняються. Адже поверхня північної півкулі залягає у середньому на декілька кілометрів глибше від південної. Тому північна півкуля є світлішою, оскільки зараз має на своїй поверхні більше глинистих порід і значно менше стародавніх базальтів. Існуючий між півкулями нерівномірний розподіл води можна пояснити суттєво різною здатністю порід на поверхні планети підтримувати над собою відмінну кількість пари. Згідно деяким припущенням, відкладення водяного льоду циклічно розподілялися між північним і південним полярними областями Марса. За допомогою спектрів у видимому і ближньому інфрачервоному діапазонах на поверхні Марса вдалося виявити області, що містять такі водовмісні мінерали як філосилікати і гідратовані сульфати [17].

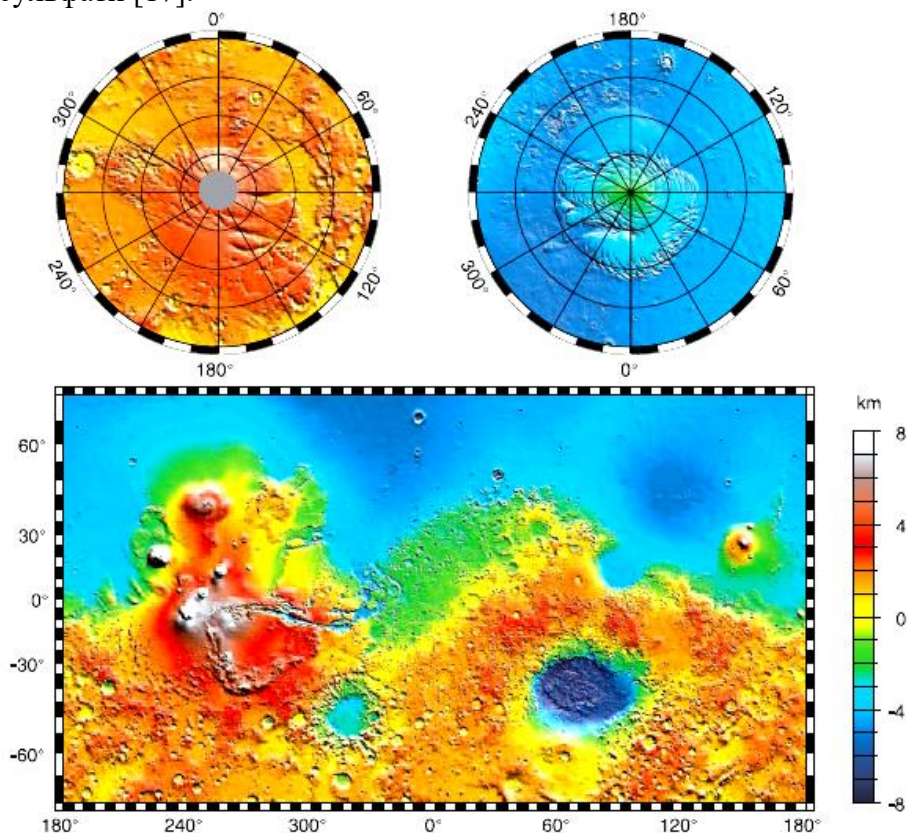


Рис. 4. Карта глобальної топографії Марса [5]

Обидві ці групи мінералів виникають в результаті хімічних змін гірських порід, але розрізняються механізмом утворення. Філосилікати утворюються з магматичних порід при тривалому контакті з водою. Гідратовані сульфати також утворюються під впливом води. Причому ця дія не обов'язково повинна бути тривалою. Але обов'язково необхідно, щоб ця вода мала досить високу кислотність. Одна з найбільших систем каналів на Марсі – долина Kasei Valles [16]. Вона містить багато доказів льодовикової та річкової активності, що супроводжували велику частину геологічної історії планети. Сліди розмивання в долині, найімовірніше, виникли під впливом льодовикової, а не водної ерозії. Льодовик, що створив цю долину, живився від вод області Echus Chasma (Рис. 5, праворуч), яку знизу підігрівали вулкани. Ця вулканічна активність і зумовила появу великих потоків талої води зовсім недавно з геологічного погляду – близько 20 млн років тому. Перспективне зображення області Echus Chasma свідчить про те, що, у всякому разі на цій частині поверхні Марса, рідка вода була ще мільярд років тому. Пізніше, коли

планета остигла, озера замерзли і сформували льодовики, які своїми потоками й «порізали» долину Kasei Valles. Одним з доказів такої теорії є те, що дно «каналів» розташоване нижче від гіпотетичного рівня марсіанського океану. Це неможливо для води, але можливо для льоду.

На Рис. 2 і 5 (ліворуч) представлені системи поверхні Марса, схожі на дренажні системи на Землі, коли вода тривалий час повільно формувала цей рельєф. Через відсутність порівняно невеликих потоків в марсіанських мережах долин можна вважати, що долини утворилися перш за все рідиною, що витікає з-під ґрунту, а не у результаті випадання опадів. Якщо саме вода утворила канали на північ і на схід від система каньйонів у Долинах Марінера (Valles Marineris), то вона повинна була б мати страшну ерозійну силу. На зображенні на Рис. 5 (посередині) можна розрізнити до 100 однорідних окремих пластів ґрунту завтовшки в десяток метрів, достатньо твердих для того, щоб утворити круті уступи.

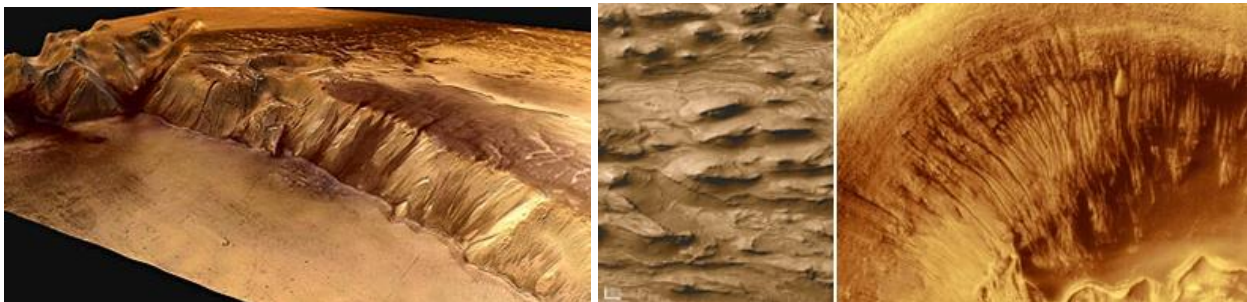


Рис. 5. Ліворуч – область Echus Chasma. Посередині – стародавні донні відкладення багатошарової структури на дні каньйону Кандор у долинах Марінера (1.5×2.9 км). Праворуч – яскраві смуги з «гіллястими» закінченнями, характерними для алювіальних потоків, у невеликому ударному кратері у кратері Ньютона (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

На Землі такого роду структури утворюються з осадових порід, які поступово накопичуються на дні великих водоймищ. Проте виразні проміони усередині деяких крупних кратерів говорять про періодичний вихід рідкої води з підтаюваного шару вічної мерзлоти. Вважається, що кратер Ньютона сформований ймовірно більше, ніж 3 млрд років тому при зіткненні з астероїдом. Він має діаметр до 287 км. На Рис. 5 (праворуч) показано північну стіну невеликого (діаметром до 7 км) ударного кратера, розміщеного в південно-західній частині кратера Ньютона. Видно, що його північний схил еродований сотнями можливих вузьких водостоків. Кожен вилив води із ґрунтом відбувався у верхній частині кратера на глибині близько 100 м під шаром ґрунту і потім під дією гравітації направлявся донизу, піддаючись випаровуванню й замерзанню.

Список використаних джерел:

1. Kahn R. (1985) The evolution of CO₂ on Mars. *Icarus*. 62(2), p. 175-190.
2. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
3. Okubo Ch., McEwen A.S. (2007) Fracture-controlled paleo-fluid flow in Candor Chasma, Mars. *Science* 315(5814), p. 983-985.
4. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
5. Smith D.E., Zuber M.T., Solomon S.C., et al. (1999). The global topography of Mars and implications for surface evolution. *Science*, 284(5419), p. 1495–1503.
6. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
7. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.

8. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
9. Vidmachenko A.P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 ISCo AS YS, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine, p. 12-13.
10. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
11. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.
12. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
13. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
14. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. 20 International scientific conference AS YS. Uman, Ukraine, p. 9-12.
15. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 23–24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine, p. 91-93.
16. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
17. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 89-92.
18. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

FEATURES OF THE RELIEF OF THE SURFACE OF MARS CAUSED BY WATER.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Borys Hrudynin – PhD Doctor of Science, Associate Professor

At the end of winter, fresh streams of liquid appear on the sunlit slopes of craters and canyons in the polar regions of Mars. Analysis of images of the surface from space vehicles revealed canyons on the surface, similar to dried riverbeds, and manifestations of water erosion. Previously, the planet was warmer, liquid water flowed on the surface. A short release of a large mass of water is enough to form a riverbed. The beginnings of channels and valleys are located upstream, which begin at the tops of canyons. Some features of the relief resemble areas smoothed by glaciers. The surface of the northern hemisphere lies on average several kilometers deeper than the southern one.

Key words: Mars, erosive relief, climate changes, water on the planet, riverbeds.

ВОДА В АТМОСФЕРІ МАРСА

Анатолій Відмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Юліана Кузнєцова – наук. співробітник

На початку своєї історії Марс мав велику кількість води. На сьогодні частина води зберігається як лід, є замкнутою в структурі багатих водою матеріалів та у незначній кількості присутня в атмосфері. Над полярними районами з пізнього літа до ранньої весни, а також навколо високих вулканічних вершин спостерігаються конденсаційні білі хмари. У північній півкулі вони з'являються утричі частіше, ніж у південній. Імовірність

їх існування є найбільшою після проходження перигелію, та поблизу рівнодення. Конденсаційні хмари формуються пізнього ранку і відразу після полудня. Максимально яскравими вони стають через кілька годин після свого зародження. Тривалість існування хмар рахується від годин до кількох днів. Сучасна марсіанська гідрологія охоплює близько 1011 кг водяної пари в атмосфері, а також світлі хмари.

Ключові слова: Марс, атмосфера, клімат, вода в атмосфері, білі хмари.

Загальноновизнано, що Марс мав велику кількість води на початку своєї історії [29]. Але всі великі водойми з тих пір зникли з поверхні. Частина води зберігається на сучасному Марсі як лід, а також є замкнутою в структурі багатих водою матеріалів. До них входять глинисті філосилікатні мінерали і сульфати [2, 5]. Дослідження ізотопного співвідношення водню вказують на те, що основним джерелом марсіанської води є астероїди та льодяні ядра комет, що зараз розташовані за межами 2.5 а. о. від Сонця. На сьогодні її запаси становлять від 6% до 27% нинішнього океану Землі. Тобто значна кількість води стародавнього Марса залишилася, але, переважно вона «схована» в скелях та корі планети [10]. Крім того, на Марсі зараз немає густої атмосфери [3, 14], незначний озоновий шар та дуже мале магнітне поле. Це дозволяє сонячному та космічному випромінюванню майже безперешкодно потрапляти до його поверхні [15]. Його шкідливий вплив на клітинні структури є одним із основних факторів, що обмежують виживання життєвих форм [11, 19] на поверхні. Тому найкращими потенційними місцями для виявлення можливого життя на Марсі можуть бути підземні середовища [21-23].

За даними космічного апарату (КА) «Вікінг», над великими ділянками поверхні над північним полярним районом, з пізнього літа до ранньої весни спостерігались конденсаційні білі хмари. Влітку в цих місцях простежувались системи подібні до земних циклонних утворень; їх висота інколи сягала 50 км. Аналіз отриманих даних щодо появи білих хмарових утворень другого типу показав, що вони з'являються у північній півкулі утричі частіше, ніж у південній. Імовірність їх існування визначається ще й сезоном [13]; і найбільшою – вона є після проходження перигелію, та поблизу рівнодення. А на зображеннях із високою просторовою роздільною здатністю з КА «Вікінг» були виявлені ще й хмари навколо вулканічних вершин.

Ці конденсаційні хмари умовно поділяють на два типи. До першого відносять ті, які формуються пізнього ранку і відразу після полудня. Вони значно змінюються протягом доби та стають максимально яскравими всього через кілька годин після свого зародження. За іменем їх першовідкривача вони їх назвали хмарами Райта, або ж – «теплыми». Остання назва походить від того, що місце їх знаходження корелює із температурною аномалією над даною поверхнею. Хмари другого типу – дуже мало змінюють свій вигляд упродовж доби. Найчастіше вони появляються у полярних регіонах. Тривалість існування хмар першого типу рахується годинами, а другого – є на порядок тривалішим. Якщо присутність води в атмосфері була встановлена достовірно, то її наявність на поверхні чи під нею – дискутувалася протягом тривалого часу. У середині 20-го ст. було запропоновано гіпотезу про водяний лід вкритий шаром пилу [7]. Появу такої криги поєднували із глобальними пиловими бурями [8]. Вважали, що пил осідав з атмосфери, а потім піднімався при сезонних переміщеннях води і вуглекислого газу і накопичувався у відкладеннях на поверхні [12]. Підтвердженням цього вважають спостережну регулярність при утворенні шаруватості в полярних районах (Рис. 1). Адже вона засвідчує наявність періодичних змін у їх утворенні. Вони відображають кліматичні зміни, зумовлені ексцентричністю орбіти Марса. Припускають, що кожного літа на планеті випаровувався покрив твердого CO₂, відкриваючи глибші шари із замерзлою водою. За результатами радіолокаційних (РЛ) спостережень в 1971 і 1973 рр. на Марсі у районі Solis Lacus вдалося виявити аномальну за відбивною здатністю деталь, із дуже гладкою

поверхнею. Можливим поясненням цього факту є присутність рідкої води на глибині близько 0.5-1 м [27].

Тепер на Марсі не можуть існувати відкриті водойми, а вода на планеті міститься або в товщі ґрунту в умовах вічної мерзлоти, або у вигляді відкритих льодів і снігу, та в дуже невеликій кількості – у газоподібному вигляді в атмосфері. У такій холодній атмосфері, як марсіанська, де вдень температура рідко досягає 300 К, а вночі стає нижчою 170 К, утримати помітну кількість водяної пари неможливо. Якщо всю водяну пару, що міститься в марсіанському повітрі, сконденсувати, то вийде мікроскопічна плівка завтовшки кілька десятків мікронів. Ще один-два мікрони сконденсованої води міститься в хмарах. Здавалося б, навіть розмови про гідрологію при такому стані речей утрачають сенс. Але насправді кругообіг води цілком можливий і в такій слабкій атмосфері. Саме на цьому природному полігоні можна відпрацьовувати кліматичну систему, подібну до земної. Тепер атмосферний тиск на Марсі близький до потрібної точки води. Тому зрозуміло, що поки тиск перевищує це значення, то в атмосфері діє один з відомих у геохімії циклів – карбонатно-силікатний. В ньому вуглекислий газ розчиняється у водяних краплях хмар, і потім осідає, переноситься у ґрунт і там бере участь у ланцюжку реакцій, зумовлюючи відкладення карбонатів в осадових породах [18]. У результаті тектонічних процесів карбонати дрейфують до мантиї, де при температурах ~900 К розкладаються. Вуглекислий газ, що вивільняється при цьому, потрапляє назад в атмосферу з вулканічними викидами.

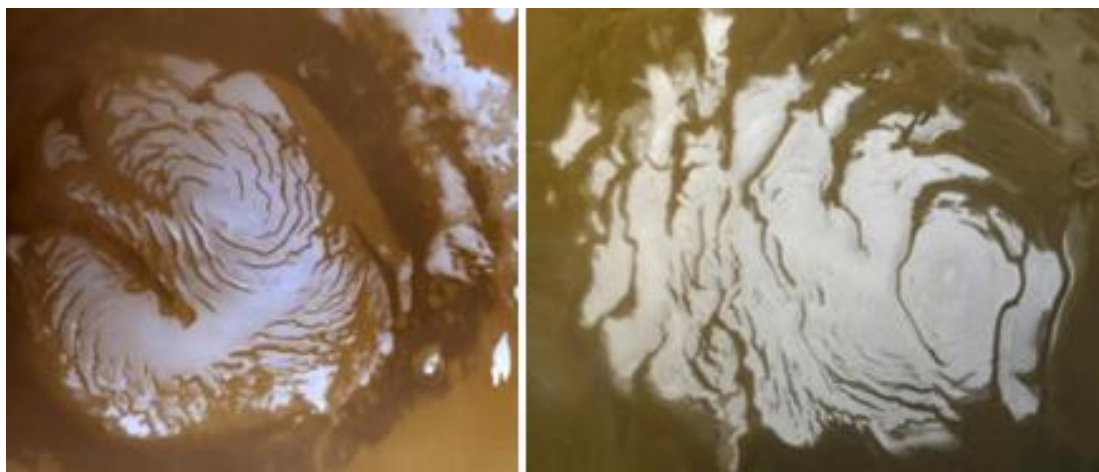


Рис. 1. Ліворуч – північна полярна шапка влітку поперечником у 1100 км; праворуч – південна полярна шапка влітку (за даними КА «Марс Глобал Сервейєр»)

Відзначимо, що сучасна марсіанська гідрологія – це не тільки палеоклімат і вічна мерзлота. Адже сучасний цикл марсіанської води охоплює близько 10^{11} кг водяної пари в атмосфері, а також хмари, які добре помітні у вигляді світлого туману на отримуваних дистанційно зображеннях. До того ж, це ще й сезонні полярні шапки й нічні тумани, що залишають на поверхні планети тонкий шар інію. І нарешті – це «дихання» реголіту та роздробленого метеоритами за мільярди років глинистого ґрунту, який має хороші абсорбційні властивості. Незважаючи на відносно невеликий об'єм атмосферних запасів води, саме атмосферні процеси відіграють визначальну роль у підтримці сучасного стану приповерхневих резервуарів марсіанської води. Дослідження показали, що в північній півкулі води майже на порядок більше, ніж у південній.

Існує дві точки зору на можливі причини такої асиметрії приповерхневих запасів марсіанської води між півкулями. По-перше, геологічні властивості північної та південної півкуль теж помітно розрізняються. Поверхня північної півкулі залягає в середньому на кілька кілометрів глибше від південної. Крім того, північна півкуля світліша, оскільки там

є більше осадових глинистих порід, які надають Марсу характерного червонуватого відтінку, і менше давніх базальтів. Глини, як відомо, здатні абсорбувати велику кількість води. Тому, якщо глобальне переміщення води в атмосфері відіграє невелику роль у порівнянні з локальним обміном, то нерівномірний її розподіл між півкулями можна було б пояснити просто різними характеристиками порід, які утворюють поверхню планети, та здатністю підтримувати над нею певну кількість пари. У цьому випадку можна було б чекати, що такий несиметричний розподіл води дуже давній [20], принаймні не молодший за більшість сучасних осадових порід; тобто йому близько мільярда років. Згідно з іншою гіпотезою [1], причиною є асиметрія зміни сезонів у двох півкулях, викликана помітним ексцентриситетом ($e=0.09$) орбіти Марса [4]. За таких умов модуляція сонячного потоку між афелієм (точкою максимального віддалення від Сонця) і перигелієм – досягає 40% [9]. Тому тепер літо в північній півкулі довше й холодніше, ніж у південній. Нижча ніж в перигелії температура зумовлює конденсацію водяної пари в атмосфері на відносно невеликих висотах (нижче 10 км). Тобто там, де домінують направлені до екватора повітряні потоки глобального конвективного переносу. На Землі такий перенос існує тільки в тропічних широтах і є причиною пасатних вітрів. Вище за рівень конденсації вода не проникає через швидке гравітаційне осідання мікронних кристалів конденсату. Цей ефект приводить, зокрема, до утворення в афелії тропічного хмарного поясу, який замикає випарувану полярною шапкою воду в північній півкулі. Водночас, у перигелії (у набагато тепліший період часу) хмари слабо впливають на перенос між півкулями, і тому вода, що сублімує з південної полярної шапки, переміщується більш рівномірно. За геологічно короткий час такий сезонний «насос» цілком міг би перекачати воду до тієї півкулі, літо в якій припадає на проходження афелію орбіти [17].

Результати моделювання показали, що протягом цього часу вода на північному полюсі планети перебувала в нестабільних умовах і могла легко переміститися на південний полюс у формі пари і знову сконденсуватися там на поверхні. За 10000 років це приводить до утворення шару водяного льоду товщиною до 6 м. Приблизно 10000 років тому цикл прецесії планети змінився і почалося її повернення до існуючої зараз конфігурації. В той час водяний лід уже на південному полюсі перебував у нестабільному стані і вода почала переміщуватися на північ. Відповідно до даних спектрометра OMEGA, близько 1000 років тому діоксид вуглецю почав намерзати на поверхні водяного льоду й, таким чином, блокувати переміщення води на інший полюс [26]. На наведеному на Рис. 2 (ліворуч) знімку видно, що лінії уступів у долині марсіанського льодовика виглядають практично непошкодженими і не розмитими. Це можна пояснити тим, що на Марсі льодовики не танули, як на Землі, а відразу перетворювалися у пару через дуже розріджену атмосферу (сублімували). Деякі особливості рельєфу явно нагадують вигладжені льодовиками ділянки (Рис. 2, посередині). Форми його поверхні добре збереглися, не встигли ні зруйнуватися, ні покритися наступними нашаруваннями; тобто вони мають недавнє походження, у межах до мільярда років. Ця, одна з найбільших систем каналів на Марсі – долина Kasei Valles (Рис. 2) – містить багато доказів льодовикової та річкової активності, що супроводжували велику частину геологічної історії планети. Промоїни на дні названої долини, найімовірніше, виникли під впливом льодовикової, а не водної ерозії. Льодовик, що створив цю долину, живився від вод області Echus Chasma (Рис. 2), яку знизу підігрівали вулкани [24]. Ця вулканічна активність і зумовила появу великих потоків талої води зовсім недавно з геологічного погляду – близько 20 млн років тому. Перспективне зображення області Echus Chasma свідчить про те, що, у всякому разі на цій частині поверхні Марса, рідка вода була ще мільярд років тому [16, 25]. Пізніше, планета остигла, озера замерзли і сформували льодовики, які своїми потоками й «порізували» долину Kasei Valles.

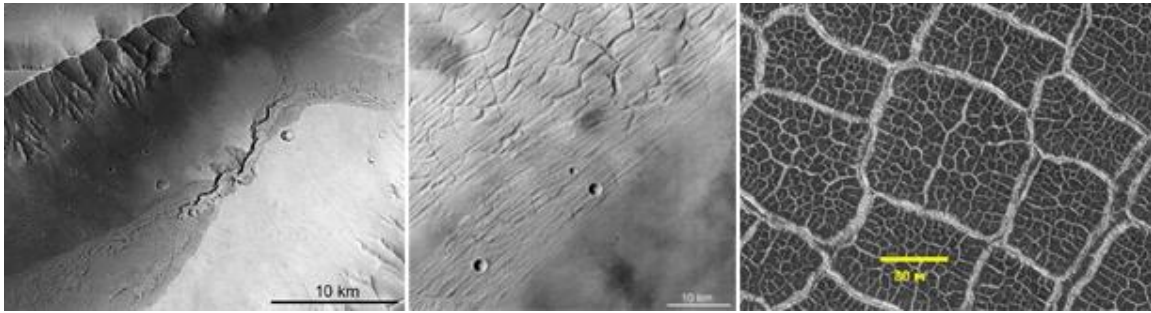


Рис. 2. Ліворуч – долина Kasei Valles. Посередині – рельєф внизу нагадує вигладжені льодовиками ділянки долини Kasei Valles. Праворуч – крупні багатокутники на дні одного з кратерів; ширина тріщин 1-10 м (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Дослідження показали [9], що утворення тріщин (Рис. 2, праворуч) у марсіанських кратерах повинне бути пов'язане з поступовим випаровуванням в атмосферу води, що містилася там раніше. Аналіз структури внутрішньої поверхні 266 ударних кратерів за даними з КА «Mars Global Surveyor» і «Mars Reconnaissance Orbiter» показав, що тріщини по їх дну перетиналися багато разів, утворюючи на поверхні окремі області з максимальними розмірами до 250 м, при середньому розмірі у 70-140 м; ширина тріщин у ґрунті змінюється від 1 до 10 м. Зазвичай їх формування пов'язували із стисненнями багаторічно-мерзлих марсіанських гірських порід [6, 28]. Проте аналітична модель їх утворення за існуючих на Марсі умов при тепловому стисненні порід показала, що там зможуть формуватися лише багатокутники, діаметр яких не перевищує 65 м.

Отриманий результат дає підстави говорити про те, що в далекому минулому на поверхні Марса води було доволі багато, і вона могла збиратися в кратерах. Ретельні дослідження багатьох кратерів дозволили зробити припущення, що формування тріщин у деяких із кратерів північної півкулі Марса завершилося набагато пізніше. За таких умов, наприклад, при падінні метеорита лід, що знаходився під поверхнею планети, міг розтанути і привести навіть до утворення озера з рідкої води. Поступово таке озеро могло покритися товстим шаром замерзлого льоду.

Список використаних джерел:

1. Clancy R.T., Nair H. (1996) Annual (perihelion-aphelion) cycles in the photochemical behavior of the global Mars atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 101(E5), p. 12785-12790.
2. El-Maarry M.R., Pommerol A., Thomas N. (2015) Desiccation of phyllosilicate-bearing samples as analog for desiccation cracks on Mars: Experimental setup and initial results. *Planetary and Space Science*, 111, p. 134-143.
3. Hoffman N. (2000) White Mars: A New Model for Mars' Surface and Atmosphere Based on CO₂. *Icarus*. 146(2), p. 326-342.
4. Kahn R. (1985) The evolution of CO₂ on Mars. *Icarus*. 62(2), p. 175-190.
5. Morozhenko A.V., Vid'machenko A.P. (2005) Polarimetry and Physics of Solar System Bodies. *Photopolarimetry in Remote Sensing, NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry*. 161, p 369-384.
6. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) Optical parameters of Martian dust and its influence on the exploration of Mars. *Dust in the Atmosphere of Mars and Its Impact on Human Exploration, Proceedings of the conference held 13-15 June, Houston, Texas. LPI Contribution No. 1966, 2017, id.6010.*
7. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2017) What and how can affect the exploration of Mars. 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, 67-69.
8. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.
9. Murray B.C., Ward W.R., Yeung S.C. (1972) Periodic Insolation Variations on Mars. *Science*. 180(4086), p. 638-640.

10. Pollack J.B., Kasting J.F., Richardson S.M., Poliakov K. (1987) The case for a wet, warm climate on early Mars. *Icarus*. 71(2), p. 203-224.
11. Steklov A.F., Vidmachenko A.P. (2019) In what places and what exactly can be the “traces” of life on Mars? 9th International Conference on Mars, Pasadena, California, Jul 22-25, LPI Contrib. No. 2089, 6007.
12. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2005) Mapping of the physical characteristics and mineral composition of a superficial layer of the Moon or Mars and ultra-violet polarimetry from the orbital station. 36th LPSC, March 14-18, League City, Texas, abstract #1015.
13. Vidmachenko A.P. (1987) Manifestation of seasonal variations in the atmosphere of Saturn. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 3(6), p. 9-12.
14. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
15. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
16. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
17. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
18. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.
19. Vidmachenko A.P. (2016) Is there life on Mars and where necessary to search for its traces. *Astronomy and present: materials of 5 ISCo*, April 12, 2016, Vinnytsia, Ukraine. / Science editor A.V. Mozhovyi. - Vinnytsia: FOP “NP Kostiuk”. - 241 p. P. 43-48.
20. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the “young” Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.
21. Vidmachenko A.P. (2016) Traces of life on Mars must be sought around the valley Hellas in areas where the water coming out from under the planet's surface. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 14-16.
22. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments, Proceedings of a conference held May 16-18, 2016, in Lake Tahoe, Nevada. LPI Contribution No. 1912, id.2002.
23. Vidmachenko A.P. (2017) Where Should Search Traces of Life, Which Could Appear on Mars in the First 300 Million Years. Fourth International Conference on Early Mars: Geologic, Hydrologic, and Climatic Evolution and the Implications for Life. 2014. 3005.
24. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. 20 ISCo AS YS, Uman, Ukraine, p. 9-12.
25. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS, May 23–24 2018, Uman, Ukraine, p. 91-93.
26. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. *Astronomical School's Report* 10 (1), 6-19.
27. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2019) Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. Kyiv, Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine. -468 p.
28. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2020) Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020, Kyiv, Ukraine, p. 89-92.
29. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) How long ago has water flowed on Mars surface? Results of modern scientific research and development. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 16-18.01.2022. P. 226-232.

WATER IN THE ATMOSPHERE OF MARS.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Juliana Kuznetsova – Research Fellow

Early in its history, Mars had abundant water. Today, part of the water is stored as ice, is closed in the structure of water-rich materials and is present in the atmosphere in small quantities. Condensing white clouds are observed over polar regions from late summer to early spring, as well as around high volcanic peaks. In the northern hemisphere, they appear three times more often than in the southern. The

probability of their existence is greatest at perihelion and near the equinox. Condensation clouds form in the late morning and immediately after noon. They become maximally bright a few hours after their birth. The duration of clouds existence is counted from hours to several days. Current Martian hydrology includes about 1011 kg of water vapor in the atmosphere as well as white clouds.

Key words: Mars, atmosphere, climate, water in the atmosphere, white clouds.

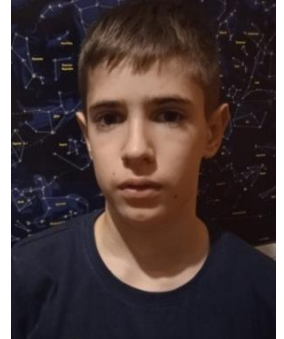
ЖИТТЯ У ВСЕСВІТІ

Ілля Гончар - гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ

Роботу присвячено аналізу, дослідженню і систематизації наукових матеріалів про пошуки життя та розум у Всесвіті.

*Ця проблема є актуальною в усі часи, а особливо тепер, коли розвиток надсучасних технологій відкриває неймовірні можливості. Дуже важливо, щоб наукові та технічні можливості не використовувалися на знищення людства, не стали загрозою для нашої планети, щоб нелюди не руйнували квітучу чудову планету Землю, не знищували ні нас - українців, ні інших народів, ні себе, ні життя на всій планеті. Біди, катастрофи, забруднення, війни – усе це переживає єдина у Сонячній системі населена розумними живими істотами планета Земля. **Бережімо її. Вона нам дорога, рідна і єдина на весь Всесвіт!***

Ключові слова: Всесвіт, Сонячна система, планета, життя, розум.



Навчаючись в астрономічному гуртку Вінницького ОЦТТУМ, я часто спостерігав у телескоп: Сонце, Місяць, зорі, планети (рис.1).

Рис.1. Спостереження сонячних плям в телескоп системи Д. Д. Максудова автором роботи

Я дуже люблю спостерігати нічне зоряне небо, порівнювати колір та світність зірок, шукати і спостерігати планети Сонячної системи та найбільші їх супутники.

Астрономія – найдревніша серед природничих наук. Багато тисячоліть давні філософи, астрономи, математики вдивлялись у дивовижне зоряне небо та шукали відповіді на одвічні запитання: як виник Всесвіт, за якими законами живе Космос, хто дав життя нам, людям, хто оживив нашу планету Земля. Чи єдині ми розумні істоти у нашій галактиці та чи існують ще якісь форми позаземного життя? Я також не можу бути байдужим до цих запитань та таємниць неосяжного Всесвіту.

Життя на Землі ґрунтується на сполуках вуглецю, розчинником для яких слугує вода. Доведено, що всі прояви життя на Землі виникли, значною мірою, однаковими шляхами і мають спільних пращурів. Якщо розгорнути ДНК всього однієї людини, то вони розтягнуться до Плутона і назад [1]. В численних лабораторних експериментах було показано, що для утворення складних органічних молекул, які передують виникненню життя, необхідні наступні умови:

✓ наявність у складі небесного тіла всіх хімічних елементів, які входять до складу всього живого;

✓ відповідний температурний режим, що забезпечує перебування води у газоподібному і рідкому стані;



✓ відсутність кисню в атмосфері планети, бо за його наявності утворюється озоновий екран, що поглинає ультрафіолет, який, руйнуючи електронні оболонки атомів, дає їм змогу об'єднуватись у складні перед біологічні сполуки. Як тільки ці умови виконано, в силу добре відомих законів фізики й хімії негайно починають утворюватись складні органічні сполуки. Тож, напевне, початок життя на планеті Земля цілком закономірним явищем, бо на ній реалізувалися всі необхідні початкові умови [2]. Земля знаходиться від Сонця на дуже зручній відстані – 149 600 000 км. Саме на цій відстані середня температура така, що дозволяє воді знаходитись у рідкому стані [3].

Щодо Місяця, з його відносно великою масою, то, по-перше, високі припливи і відпливи на морському узбережжі, які він викликає, могли зіграти вирішальну роль в утворенні мікросередовищ, придатних для існування життя; по-друге, Місяць стабілізує орієнтацію осі обертання Землі, що надзвичайно важливо для підтримання більш-менш постійного клімату.

Особливою є важливість планет-гігантів у Сонячній системі. Їх наявність сприяє стабілізації орбіти Землі. Юпітер як наймасивніша планета притягує до себе метеорити, які могли б повністю зруйнувати Землю [2].

У Всесвіті є всі передумови для того, щоб ми не вважали існування життя на Землі чимось винятковим. Інша справа – наскільки ймовірно знайти у Всесвіті планети, де б реалізувалися умови, подібні до земних.

Пошуки позаземного життя в Сонячній системі

Тут відображено загальні відомості про кількість космічних експедицій різних країн, вдалі та невдалі експедиції, основною метою яких було дослідження та збір даних про усі об'єкти Сонячної системи, особливо ті, які знаходяться найближче до нашої планети (рис. 2). Серед цих завдань не останнім був пошук позаземного життя [4].

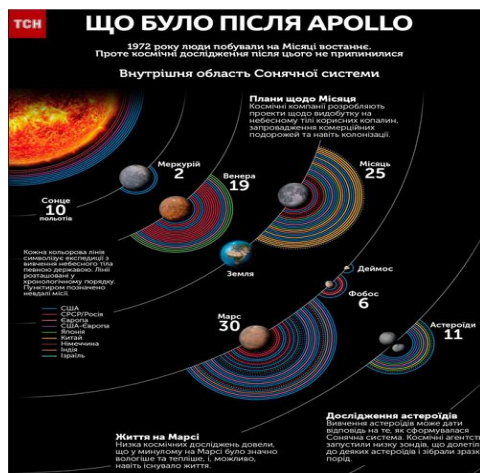


Рис. 2. Дослідження внутрішньої області Сонячної системи (жерело: National Geographic)

Дослідження Місяця та Марса

Місяць - єдине небесне тіло, де змогли побувати земляни, ґрунт якого детально досліджено в лабораторії. Ніяких слідів органічного життя на Місяці не знайдено.

Artemis 1 – це запланована NASA міжнародна програма Artemis по поверненню астронавтів на Місяць до 2024 року. Безпілотний космічний корабель **Orion**, буде відправлений у тритижневий політ навколо Місяця. Американське космічне агентство NASA назвало попередню дату запуску тестової місії Artemis 1 на Місяць –квітень-травень 2022 року, передає [Інтерфакс](#) [5]. Через війну розв'язану росією проти України, яка сколихнула весь світ, запуск відтермінували.

Дослідження першої планети Сонячної системи – Меркурію

На поверхні планети МЕРКУРІЙ ще не побували ні космонавти, ні автоматичні станції. Ми знаємо про неї завдяки наземним спостереженням та дослідженням запущених до околиць Меркурія американських апаратів "Марінер-10" (1974 р.) та «Месенджер» (2004 р.) (рис. 3) [6]. На орбіту Меркурія Messenger вийшов 18. 03 2011 р.

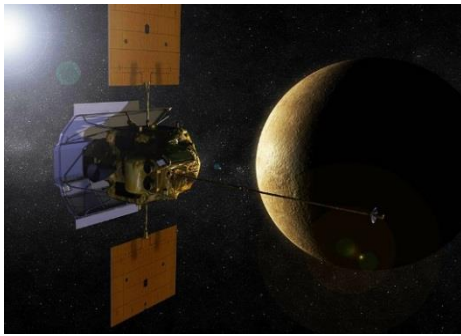


Рис. 3. Місія Messenger на орбіті Меркурія (графіка)

В ході місії апарат отримав першу детальну карту поверхні планети, а дослідження його кратерів демонструють неоднорідну внутрішню будову планети.

Апарат вивчав високоенергетичні часточки від Сонця, в потоці яких перебуває планета. Протягом своєї місії Messenger подолав відстань, більшу ніж 7,9

млрд. км [6].

У 2018 році, Європейське космічне агентство і Агентство аерокосмічних досліджень Японії запустили на Меркурій космічну місію **Bepi Colombo**. Вона вийде на орбіту Меркурія у 2025 році [7]. Вважаю, що Меркурій занадто малий і гарячий (температура вдень $+427^{\circ}\text{C}$, а вночі -183°C), він не може довго утримувати атмосферу, проте вічний лід, виявлений в його кратерах напівночі на думку про можливість там мікробного або бактеріального життя [8].

Наступною планетою для пошуків життя є – Венера (рис. 4)



Її в недавньому минулому астрономи вважали майже точною копією молоді Землі. Через близькість до Сонця Венера зовсім не схожа на Землю. Словом, теж не найкраще місце для життя [9].

Рис. 4. Фото Венери

Фізичні умови на Венері є екстремальними: через парниковий ефект її температура на поверхні складає в середньому $+470^{\circ}\text{C}$. Шари атмосфери Венери складаються з сульфатної кислоти, що є згубним для життя, а атмосферний тиск вище земного в 92,1 рази. Є ймовірність, що життя на Венері знаходиться під її поверхнею, де умови, можливо, набагато сприятливіші, ніж на поверхні. Дослідження атмосфери Венери показали, що в ній підтримується природний баланс хімічних елементів. В аналізі даних місії «Венера», «Піонер-Венера-1» і «Магеллан» були виявлені хлор, сірководень і діоксид сірки, а також, у верхніх шарах атмосфери, карбонільний сульфід (OCS) [10]. На Землі цю сполуку вважають «вірною ознакою життя». У 2011 році на Венері було виявлено озоновий шар на висоті близько 100 кілометрів, який може захищати живі організми від УФ променів Сонця. Ці дані знаходяться в статусі гіпотези. Підтвердження або спростування якої — одна з цілей майбутніх місій.

У 2021 році три космічні місії досягли Марса, за їх результатами варто уважно стежити.

МАРС - четверта планета Сонячної системи

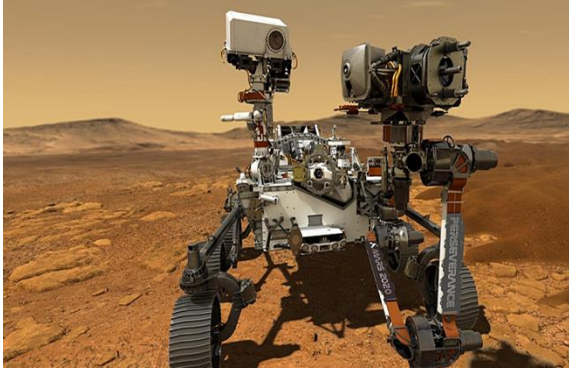


Рис. 5. Фото Марса

Марс, не без підстав, вважався придатною для життя планетою. Хоча клімат там дуже суворий (літнього дня температура на екваторі становить близько 0°C , вночі -80°C , а взимку доходить до -120°C), але все ж це не безнадійно погано для життя: існує ж воно в Антарктиді і на вершинах Гімалаїв. Однак на Марсі є ще одна проблема - вкрай розріджена атмосфера, в 100 разів менш щільна, ніж на Землі. Вона не рятує поверхню

Марса від згубних УФ променів Сонця і не дозволяє воді знаходитися в рідкому стані. На Марсі вода може існувати тільки у вигляді пари і льоду (рис. 5) [11].

Дослідники з NASA направили марсохід Perseverance (рис. 6), який успішно примарсіанився 18 лютого 2021 року в кратері Єзеро [12]. Головною метою експедиції є пошук слідів давнього марсіанського життя. Поки що їх не виявили, але вчені кажуть, що закріпилися у думці, що мікроорганізми на Марсі колись були, і тепер знають, де їх шукати.



Увесь світ сьогодні спостерігає за роботою «Персі», його неймовірними знімками планети, записом відео та звуків (рис. 6) [12].

Рис. 6. Марсохід Perseverance

Perseverance має зібрати на Марсі зразки породи, які на Землю відвезе спеціальна спільна місія Європейського космічного агентства (ЄКА) і NASA. Її планується відправити до Марса не раніше 2026 року [12].

Інші об'єкти Сонячної системи

ПЛАНЕТИ-ГІГАНТИ. Клімати Юпітера, Сатурна, Урану і Нептуна абсолютно не відповідають нашим уявленням про комфорт: дуже холодно, жахливий газовий склад (метан, аміак, водень, тощо), практично немає твердої поверхні - лише щільна атмосфера і океан рідких газів [13].

СУПУТНИКИ ПЛАНЕТ І КОМЕТИ. Серйозної надії виявити життя на цих тілах не було ніколи, хоча дослідження їхніх органічних сполук, як попередників життя, представляє особливий інтерес: Європа - супутник Юпітера, Титан та Енцелад - супутники Сатурна, а також – транснептуновий об'єкт - Седна. Вони приваблюють тим, що під крижаною поверхнею мають солоні ріки, моря, океани є геологічно активними та мають хоч різну – зате атмосферу. Легендарні космічні місії «Вояджер-1», «Вояджер-2», «Касіні» - завершили свою роботу. Тепер пошуком життя на цих космічних тілах будуть займатись майбутні місії: EUROPA Clipper запуск планується у 2025 р, станція Joint Europa Mission та місія Dragonfly - запуск у 2027 р. Для дослідження Седни запуск космічних місій планується з 2029 по 2037 роки [13].

Гіпотези існування життя поза межами Сонячної системи

Чи є у безмежному Космосі зірка, схожа на наше Сонце і планета, що обертається навколо неї – схожа на нашу Землю? Нещодавно астрономи виявили вісім нових планет у межах нашої галактики, на одній з яких є можливість для виникнення життя, - повідомляє Бі-Бі-Сі. Ці планети знаходяться поза межами нашої сонячної системи, обертаються навколо зірки, подібної до нашого Сонця. Усі ці планети є гігантськими сукупченнями газу. Одна з найбільших планет дуже схожа з Юпітером [14].

Обертаючись навколо зірки Epsilon Eridani, вона захищає менші планети від небезпечних комет і астероїдів. Це значно збільшує шанси для виникнення там життя.

Не можуть залишитись без уваги і екзопланети, які знаходяться «на обрії» нашої Сонячної системи. Вже зареєстровано близько 5000 екзопланет. Майже 30% з них можуть знаходитись у зоні життя, мати атмосферу і воду. Наприклад, відома екзопланета Kepler – 452b, яку ще прозвали «Землею 2,0», перебуває майже на тій самій орбіті, що і планета Земля, радіус її у 1.2 рази більший за земний, а рік там триває 385 земних діб. Знайти докази існування життя на екзопланетах - це мета майбутніх астрономів та дослідників [14].

Я впевнений, що не довго доведеться чекати, адже вже перший такий «астронавт» - вийшов на свій пост і незабаром (в червні 2022 року) розпочне свою роботу.

Це – космічний телескоп імені Джеймса Вебба, - велика космічна обсерваторія, за запуском якого 25 грудня 2021 р спостерігала уся наша планета [15].

«Джеймс Вебб» є наступником космічного телескопа Хаббл. Його запуск був важким, адже він є найбільшим космічним телескопом, що був коли небуть створений на нашій планеті (рис. 7). У Вебба дзеркало набагато більшого розміру ніж у Хаббла, діаметром 6,5 метра, а дзеркало Хаббла діаметром 2,4 метра. Такий розмір необхідний для поліпшення роздільної здатності зображення і перегляду дрібніших деталей [15]. Золоте головне дзеркало JWST складається з 18 окремих шестикутних сегментів, кожен з яких управляється сімома приводами, що забезпечують точні рухи. Усі 18 сегментів нині перебувають у своїх розгорнутих позиціях і досліджують Всесвіт як одне велике надпотужне дзеркало.

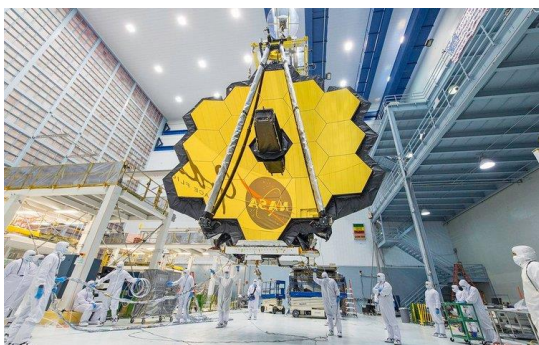


Рис. 7. Космічний телескоп імені Джеймса Вебба [16]

Основне завдання Вебба – спостерігати галактики на краю Всесвіту. Це може розповісти нам про те, як утворилися перші зірки, галактики і планетні системи. Можливо, це надасть інформацію про походження життя, бо Вебб планує детально відображати атмосфери екзопланет у пошуках будівельних блоків життя.

«Джеймс Вебб», на відміну від «Габбла», працюватиме не на навколосонячній орбіті, а рухатиметься навколо Сонця на відстані 1,5 млн. км від Землі (рис. 8).

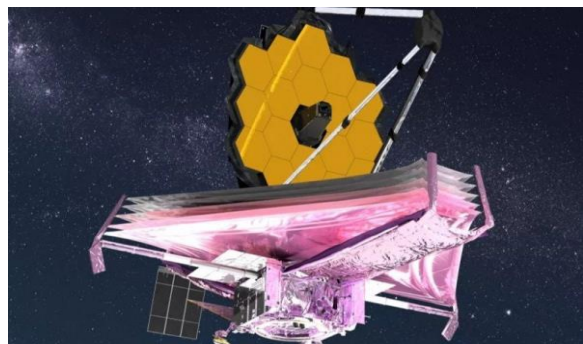


Рис. 8. Телескоп Джеймс Вебб у космосі

Науковці сподіваються, що телескоп допоможе їм зазирнути у найприхованіші та найвіддаленіші куточки Всесвіту, віддалені не лише у просторі, але й у часі.

"Джеймс Вебб" здатен побачити об'єкти, розташовані на відстані до 13,5 млрд світлових років. Це допоможе зрозуміти, як

13,5 млрд років тому виглядав наш Всесвіт, - за 200 млн років після Великого вибуху, коли гравітація тільки-но починала захоплювати у свої чіпкі лапи хмари космічного пилу, скочуючи з них кульки й закручуючи у спіралі [16].

Висновок. Аналіз та вивчення передумов зародження та розвитку життя на планеті Земля в огляді будови усєї Сонячної системи говорить про їх унікальність та неповторність. Таким чином, на сьогоднішній день я знайшов відповідь на своє запитання: Чи самотні ми у Всесвіті? Все геніально і просто: у Сонячній системі найвищою розумною істотою – є ЛЮДИНА, центром життя, як ми його знаємо, є тільки наша прекрасна планета Земля.

Бережімо її від воїн, бід, катастроф і забруднень. Вона нам дорога, рідна і єдина на всю Сонячну систему! Я вірю що Україна переможе у війні нав'язаній росією. Закликаю: збережемо МИР, збережемо планету, збережемо ЖИТТЯ!

Список використаних джерел:

1. Якщо розгорнути ДНК всього 1 людини, то вони розтягнуться до Плутона і назад. URL: <https://acc.cv.ua/news/chernivtsi/yakscho-rozgornuti-dnk-vsogo-1-lyudini-to-voni-roztyagnutsya-do-plutona-i-nazad-10827>.
2. АСТРОНОМІЯ – Навчальний посібник для профільної школи 2017. URL: <https://subject.com.ua/astronomy/golovko/59.html>
3. Життя у Всесвіті. URL: https://my-astronomy.ucoz.ua/index/zhittja_u_vsesviti/0-13
4. Гігантський стрибок для людства: як місія apollo змінила наше уявлення про сонячну систему та космос. URL: https://tsn.ua/nauka_it/gigantskiy-stribok-dlya-lyudstva-yak-misiya-apollo-zminila-nashe-uyavlennya-pro-sonyachnu-sistemu-ta-kosmos-1373022.html.
5. NASA оголосила, коли перша місія Artemis 1 полетить на Місяць. URL: <https://mind.ua/news/20232484-nasa-ogolosila-koli-persha-misiya-artemis-1-poletit-na-misyac>
6. MESSENGER. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/MESSENGER>
7. ВепіColombo. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ВепіColombo>
8. Життя на Меркурії. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Життя_на_Меркуріїhttps
9. Венера. URL: <https://sites.google.com/site/soniachnasystema1/home/venera>
10. Атмосфера Венери. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Атмосфера_Венери#cite_note-47
11. Чи є життя на Марсі. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-58939062>
12. Марсохід «Персеверанс». URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Персеверанс_\(марсохід\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Персеверанс_(марсохід))
13. Планети сонячної системи. URL: <https://sites.google.com/site/planetisistemiduben>
14. Екзопланета. URL: <http://exoplanet.eu/catalog/>
15. Космічний телескоп імені Джеймса Вебба. URL: <https://www.ixbt.com/news/2021/06/02/zapusk-kosmicheskogo-teleskopa-jameswebb-snova-perenesjon.html>
16. Джеймс Вебб у космосі. URL: <https://techno.nv.ua/ukr/innovations/teleskop-dzheymasa-vebba-zavershiv-rozgotannya-vsih-dzerkal-ostanni-novini-50210105.html>

LIFE IN THE UNIVERSE

Іуа Нончар is a member of the RCTCSY astronomical circle

This work is devoted to the analysis, research and systematization of scientific materials on the search for life and mind in the Universe.

*This problem is relevant at all times, especially now, when the development of state-of-the-art technology opens up incredible opportunities. It is very important that scientific and technical capabilities are not used to destroy humanity, do not become a threat to our planet, that non-humans do not destroy the flourishing beautiful planet Earth, do not destroy us - Ukrainians, other peoples, ourselves or life on the planet. Troubles, catastrophes, pollution, wars - all this is experienced by the only planet in the Solar system inhabited by intelligent living beings. Let's take care of it. **It is dear to us, native and unique to the whole Universe!***

Key words: Universe, the Solar System, planet, life, mind.

ЧИ МОЖЛИВО ЖИТИ НА СУПУТНИКУ ЮПІТЕРА ЄВРОПІ?

Софія Бусел – студентка 3 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського

У статті подаються відомі на теперішній час факти про крижаний супутник Юпітера та його океан. Історія відкриття та місії, що були проведені та плануються в майбутньому. Також розповідається про особливості супутника, які сприятимуть або ж не сприятимуть життю людини на ньому.

Ключові слова: Європа, Галілео Галілей, крижана поверхня, життя на супутнику Юпітера, радіація та холод.

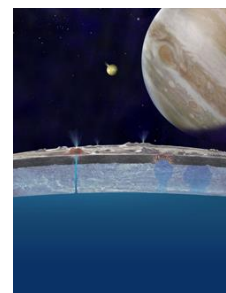


Рис.1. Ілюстрація поперечного перерізу Європи. Супутник Юпітера містить океан рідкої води під своєю замерзлою поверхнею

Крижаний супутник Юпітера Європа давно вважався потенційно сприятливим місцем для життя в Сонячній системі. Але що знайшли б люди-дослідники, якби вони посадили свій корабель на крижану оболонку Європи?

Жити на поверхні самого Юпітера було б важко, але можливо. Газовий гігант має невелике скелясте ядро з масою в 10 разів менше земної, але воно оточене щільним рідким воднем, що простягається на 90 відсотків діаметра Юпітера. Якби ви ступили ногою на ядро планети, «ви були б розчавлені вагою рідкого водню над нею», — сказав Роберт Паппалардо, планетолог з Лабораторії реактивного руху NASA (JPL).

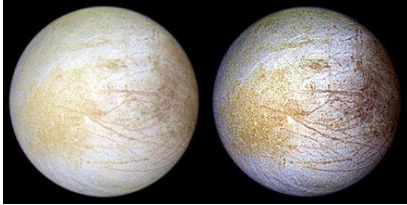


Рис. 2. Наближений до природного колір поверхні (ліворуч) і штучно підсилений колір (праворуч). Фото АМС «Галілео»

Юпітер має понад 60 супутників, деякі з яких є ймовірними місцями для постійних баз. З його низьким рівнем радіації, геологічною стабільністю та великою кількістю водяного льоду Каллісто, ймовірно, був би ідеальним супутником Юпітера для поселення, сказав астробіолог JPL Стів Венс.

Однак інший супутник Юпітера — Європа — вважається, що під своєю крижаною поверхнею є величезний водяний океан і вважається найкращим місцем для пошуку життя в нашій Сонячній системі. Створення дослідницької бази на Європі допоможе вченим дослідити цей потенційно населений океан.

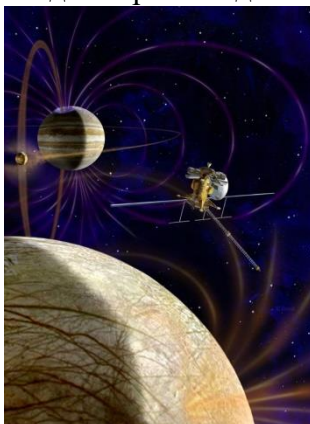
Наразі в знаннях вчених про поверхню Європи є дуже великі прогалини, сказав вчений Роберт Паппалардо. Вісім космічних апаратів відвідали супутник Юпітера, але лише 10-15 відсотків поверхні було сфотографовано з гідною роздільною здатністю (рис. 2).

Факти про Європу

Вік: Вік Європи оцінюється приблизно в 4,5 мільярда років, приблизно такий же вік Юпітера.

Відстань від Сонця: в середньому відстань Європи від Сонця становить приблизно 780 мільйонів кілометрів.

Відстань від Юпітера: Європа є шостим супутником Юпітера. Її орбітальна відстань від Юпітера становить 670 900 км. Європі потрібно три з половиною земних дні, щоб зробити оберт навколо Юпітера. Європа припливно замкнена, тому до Юпітера завжди звернена одна й та сама сторона.



Розмір: Європа має діаметр 3100 км, що робить її меншою за супутник Землі, але більшою за Плутон. Це найменший із галілеєвських супутників (рис. 3).

Температура: температура поверхні Європи на екваторі ніколи не піднімається вище мінус 160 °С. На полюсах - температура ніколи не піднімається вище мінус 220 °С.



Рис.3. Порівняння розмірів Землі, Місяця та Європи

Рис.4. Інтерпретація художника орбітального апарату NASA Jupiter Europa, який є частиною спільної місії NASA та ESA Europa Jupiter System Mission

Список місій до Європи

▪ Піонер-10 (проліт системи Юпітер у 1973 році). Він пройшов надто далеко від Європи, щоб отримати детальне зображення, але місія помітила деякі варіації альbedo (яскравості) на поверхні супутника.

▪ Піонер-11 (проліт повз систему Юпітер у 1974 році). Космічний корабель пролетів повз Європу на відстані майже 375 000 миль (600 000 км), що дозволило йому побачити лише деякі зміни на поверхні.

▪ «Вояджер-1» (проліт системи Юпітера в 1979 році). Здійснив далекий проліт повз Європу, а також дав уявлення про те, як гравітація одного супутника в системі Юпітера впливає на гравітацію інших. Наприклад, вулканізм Іо був частково пов'язаний із взаємодією Іо з супутниками, а також з масивним Юпітером.

▪ «Вояджер-2» (проліт системи Юпітер у 1979 році). Одним із головних відкриттів було виявлення коричневих смуг на поверхні Європи, що свідчить про тріщини на крижаній поверхні.

▪ Галілей (обійшов навколо Юпітера між 1995-2003 роками). Його найвідомішим відкриттям у Європі було виявлення переконливих доказів існування океану під крижаною кіркою на поверхні супутника.

▪ Europa Clipper у 2019 році планували запускати в 2023, але перенесли дату запуску на жовтень 2024 року. За таких умов Europa Clipper увійде на орбіту Юпітера в 2030 році.

▪ Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE) (планують запустити 13 квітня 2023 року). Буде шукати молекули, такі як органічні молекули, які пов'язані з процесами, що дають життя (рис. 5). (Органіка поширена в Сонячній системі, але самі молекули не завжди вказують на життя.)



Рис.5. Europa Explorer використовуватиме гравітаційні об'єкти Венери та Землі, і таким чином зможе доставити до системи Юпітера приблизно втричі більшу масу корисного вантажу, ніж попередні концепції, такі як Europa Orbiter

про відкриття Європи та інших супутників, які пізніше отримали назву галілеєві, де астроном назвав їх «планетами Медічі» (прославляючи свого покровителя) і позначив римськими цифрами.

Історія відкриття і назва

Галілео Галілей за допомогою телескопа-рефрактора з 20-кратним збільшенням, винайденим власноруч, відкрив Європу у січні 1610 року, а от Симон Маріус (рис. 6), німецький астроном, - ще в 1609 році, проте він не сповістив про це наукове товариство вчасно.

Вперше Галілей спостерігав супутник у ніч з 7 на 8 січня 1610 в Падуанському університеті, але на той момент він допустив помилку: не міг відділити Європу від Іо (ще одного супутника Юпітера) та спостерігав за ними, як за одним об'єктом, доказом цього є запис астронома у власному щоденнику, фрагмент якого згодом опублікували в «Stella Gazette». Про свою похибку Галілей дізнався наступної ночі, з 8 січня 1610 року (цю дату МАС затвердив як дату відкриття Європи). У березні 1610 року в роботі «Sidereus Nuncius» Галілей повідомив

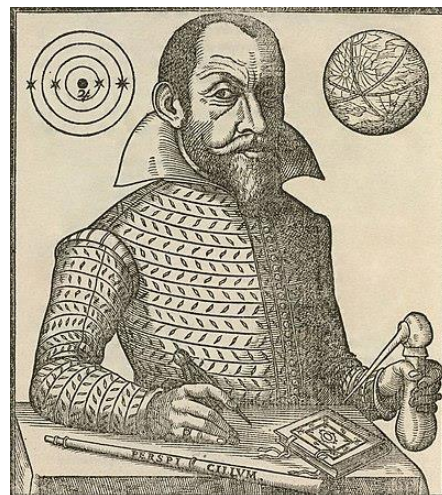


Рис. 6. Симон Маріус

Симон Маріус, астроном родом з Німеччини, опублікував у 1614 році видання «Mundus Jovialis», де стверджував, що саме він є першовідкривачем супутників Юпітера, оскільки спостерігав їх ще у 1609, за тиждень до Галілея. Галілей засумнівався у правдивості цих переконань та забракував працю Маріуса як плагіат.

Вперше Маріус записав про свої спостереження 29 грудня 1609 року за юліанським календарем. За григоріанським календарем, який використовував Галілей, це 8 січня 1610 року.

Назву «Європа» дав С. Маріус в 1614 році, а до нього її запропонував Йоганн Кеплер. Супутник названо в честь коханої героїні давнього грецької міфології Зевса (Юпітера).

Проте назви запропоновані Маріусом для галілеєвих супутників фактично не використовувались до середини ХХ століття. Лише тоді найменування «Європа» стало загальноживаним (бодай ідею Кеплера та Маріуса давати назву супутникам планет іменами приближених до відповідного бога було схвалено астрономами ще століттям раніше – коли були відкриті кілька супутників Сатурна). У переважній частині літератури ранньої астрономії ці супутники позначалися за системою Галілея: ім'я планети з додаванням римської цифри. Наприклад, Європа була відома як Юпітер II, або ж як «другий супутник Юпітера». Коли відкрили у 1892 році Амальтею, орбіта якої розташовується ближче до Юпітера, то Європа стала третім супутником, а у 1979 космічний апарат «Вояджер» помітив ще три внутрішніх супутника. Отже, за сучасними даними, Європа стала шостим за відстанню від Юпітера супутником, хоча за звичкою її продовжують називати «Юпітер II».

Понад півстоліття потому, у 1676 році, Європа, поряд із іншими супутниками Галілея, стала об'єктом важливих для тогочасної науки відкриттів. Данський астроном Оле Ремер, який спостерігав, як Європа та інші галілеєві супутники перетинають задню частину диска Юпітера і зникають з поля зору, виявив, що інтервали між такими затемненнями змінюються протягом року. Спочатку передбачалося, що орбітальна швидкість супутників змінюється з певною періодичністю, але коли Ремер зрозумів абсурдність цієї гіпотези, він вирішив знайти альтернативне пояснення, пов'язавши її з природою світла. Якщо світло поширюється з нескінченною швидкістю, то затемнення супутникових систем повинні періодично спостерігатися на Землі. У цьому випадку наближення Юпітера до Землі і відхід від неї не буде проблемою. З цього Ремер зробив висновок, що світло поширюється з кінцевою швидкістю. Тому затемнення доведеться спостерігати через деякий час після його настання. Виявилось, що цей час напряму залежить від швидкості світла та відстані до Юпітера.

Ремер вперше використав ці дані для оцінки швидкості світла і отримав значення 225 тис. км/с, що відрізняється від сучасного значення яке близьке до 300 тис. км/с.

Характеристика Європи

Визначною особливістю Європи є її висока відбивна здатність (рис. 7). Крижана кора Європи дає їй альbedo — коефіцієнт відбиття світла — 0,64, один із найвищих серед усіх супутників у всій Сонячній системі.

Фотографії та дані космічного корабля «Галілей» свідчать про те, що Європа складається із силікатної породи та має залізне ядро і кам'янисту мантію, як і Земля. Однак, на відміну від внутрішньої частини Землі, за даними NASA, кам'яністі надра Європи оточені шаром води та/або льоду товщиною від 80 до 170 км (рис. 8). З огляду на коливання магнітного поля Європи, яке свідчить про наявність якогось провідника, вчені



Рис.7. Зверху Європа, вид з космічного корабля NASA Galileo. Видно рівнини яскравого льоду, тріщини, що тягнуться до горизонту, і темні плями, які, ймовірно, містять і лід, і бруд

також вважають, що глибоко під поверхнею супутника є океан. Цей океан може містити певну форму життя. Ця можливість існування позаземного життя є однією з причин, чому інтерес до Європи залишається високим. Насправді останні дослідження дали нове життя теорії про те, що Європа може підтримувати життя .

Поверхня Європи вкрита тріщинами. Багато хто вважає, що ці тріщини є результатом приливних сил на океані під поверхнею. Цілком можливо, що коли орбіта Європи наближається до Юпітера, морський приплив під льодом піднімається вище, ніж зазвичай.

Якщо це так, то постійне підняття і опускання моря спричинило багато тріщин, які спостерігаються на поверхні супутника.

Отримання зразків океану може не вимагати буріння крижаної кірки, якщо повторні спостереження можливих шлейфів виявляться справжніми струменями води. Хоча в 2012, 2014 і 2016 роках дослідники помітили докази, справжня природа шлейфів – і чому вони спорадично з'являються – вимагає додаткових спостережень.

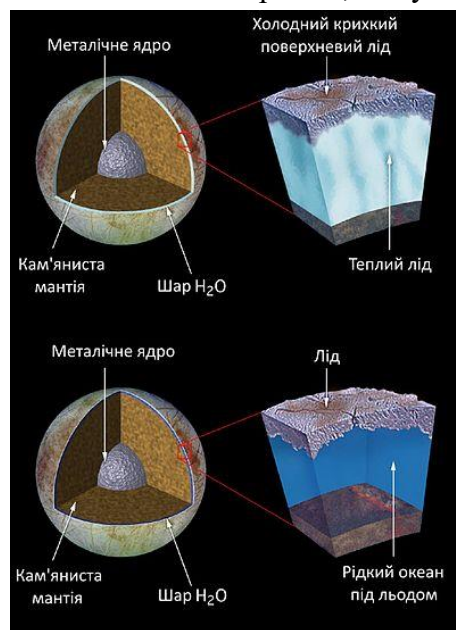


Рис.8. Дві можливі моделі Європи

У 2014 році вчені виявили, що в Європі може бути певна форма тектоніки плит. Раніше Земля була єдиним відомим тілом у Сонячній системі з динамічною корою, яка вважається корисною в еволюції життя на планеті.

Чи можливо жити на супутнику Юпітера Європі?

У 2012 році дослідники з космічного телескопа «Габбл» виявили можливі струмені води з Південного полюса Європи. Інша команда дослідників підтвердила наявність видимих шлейфів у 2014 і 2016 роках після повторних спостережень. Дослідники попереджають, що шлейфи ще не повністю підтверджені, але припускають, що вода з європейських океанів витікає на поверхню (рис. 9, 10).

Кілька космічних апаратів пролетіли повз Європу (включаючи «Піонери 10 і 11» в 1970-х роках і «Вояджери 1 і 2»). Космічний корабель «Галілей» виконував довготривалу місію на Юпітері та його супутниках між 1995 і 2003 роками. І NASA, і Європейське космічне агентство планують місії до Європи та інших супутників, які покинуть Землю в 2020-х роках.



Рис. 9. Водяні гейзери на Європі



Рис.10. Приховані озера Європи – «Велике озеро»

Наразі Роберт Паппалардо та Стів Венс працюють над концепцією запропонованої NASA місії Europa Clipper, у рамках якої зонд здійснить 45 обльотів Європи, дозволяючи вченим отримувати детальніші зображення поверхні супутника, ніж будь-коли раніше.

Фотографії з попередніх місій показують, що поверхня Європи відносно гладка, на ній відсутні великі кратери та гори, оскільки конвективні сили океану постійно переробляють поверхневий лід Європи. Але поверхня планети не позбавлена особливостей.

«Якщо ви подивіться в будь-якому напрямку, ви побачите невеликі хребти, не більше ніж пару метрів заввишки», - сказав Стів Венс. Ви також побачите численні

тріщини. Ці тріщини та хребти, ймовірно, є результатом щоденного підйому та опускання підповерхневого океану Європи через приливні сили Юпітера, кажуть вчені.

Найкраще місце для бази на Європі було б на тій стороні супутника, яка менше піддається впливу смертоносної радіацією збоку планети.

З бази там також відкривався б вражаючий вид: Юпітер виглядав би майже в 24 рази більшим на небі, ніж супутник Землі з поверхні планети. «Це було б ненудне місце, щоб випити післяобідній чай», — сказав Венс.

Окрім радіації та холоду, на Європі існує ще кілька небезпек. Помірні крижані землетруси — які можуть бути схожі на землетрус на Землі — можуть відбуватися час від часу, і ви точно захочете стежити за гігантськими стовпами води, які можуть різко вирватися з льоду. Також є невеликий шанс, що вас вразить маленький метеор або частинки з космосу.

Гравітація Європи становить лише близько 13 відсотків земної, що призводить до того, що атмосфера практично не існує. Через це Європа, як і Місяць Землі, не має погоди, вітру чи кольорів неба. А прогулянка по Європі буде схожа на прогулянку по Місяцю Землі.

Якщо ви вирушили на прогулянку, ви, ймовірно, захочете відвідати «територію хаосу» Європи, де зазвичай плоский лід роздроблений на перемішані блоки. «Може здатися, що ви в Долині монументів», — сказав Роберт Паппалардо. Ви також захочете побачити западини та крижані куполи, висота яких трохи більше 1 кілометра.

Астрономи-любители хотіли б стежити за супутниками Юпітера, особливо великими. Ганімед — найбільший супутник Юпітера та найбільший супутник у нашій Сонячній системі — з'являтиметься на небі Європи кожні два дні (європейський день становить 3,5 земних днів) і виглядатиме в 1,5 рази більшим за наш супутник. Іо — третій за величиною супутник Юпітера — з'являтиметься двічі на день і виглядатиме трохи більшим за Ганімед.

Якщо ви хочете поділитися своїм досвідом з людьми вдома, електронний лист займе щонайменше півгодини, щоб отримати туди — просто переконайтеся, що масивний Юпітер не закриває ваш погляд на Землю.

Список використаних джерел:

1. Європа: факти про крижаний Місяць Юпітера та його океан. URL: <https://www.space.com/15498-europa-sdcmp.html>
2. Як би було жити на супутнику Юпітера Європі? URL : <https://www.space.com/28705-how-to-live-on-europa.html>
3. Фотографії: Європа, таємничий крижаний супутник Юпітера. URL: <https://www.space.com/13624-photos-europa-mysterious-moon-jupiter/3.html>
4. Європа (супутник). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%84%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B0_\(%D1%81%D1%83%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%84%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B0_(%D1%81%D1%83%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA))
5. Зонд NASA "Юнона" відвідає супутник Юпітера Ганімед. URL: <https://ukr.media/science/433447/>
6. «Юнона» отримала найдетальніше зображення Європи — зонд NASA наблизився до крижаного супутника Юпітера на 412 км. URL: <https://itc.ua/ua/novini/yunona-otrimala-najdetalnishe-zobrazhennya-yevropi-zond-nasa-nablizivsyia-do-krizhanogo-suputnika-yupitera-na-412-km/>

IS IT POSSIBLE TO LIVE ON JUPITER'S SATELLITE EUROPE?

Sofia Busel – 3rd-year student of the bachelor's degree program of VSPU named after M. Kotsyubynskyi

The article presents the currently known facts about Jupiter's icy moon and its ocean. The history of discoveries and missions that have been carried out and are planned in the future. It also talks about the features of the satellite, which will or will not contribute to the life of a person on it.

Key words: Europe, Galileo Galilei, icy surface, living on a satellite, radiation and cold.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУПУТНИКІВ САТУРНА ЯК ДОКАЗ ЄДНОСТІ БУДОВИ ПЛАНЕТНИХ СИСТЕМ

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

Олексій Стеклов – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Вадим Гуменюк - студент 1 курсу СВО магістра ВДПУ ім. М. Коцюбинського

Розглянуто на основі вивчення фізичних характеристик супутників Сатурну і гіпотез їх утворення єдність будови планетних систем.

Ключові слова. Сатурн, супутники Сатурна, Сонячна система, фізичні характеристики небесних тіл.

У системі планет Сонячної системи Сатурн займає шосте місце від Сонця. Ця планета на сьогодні має найбільшу кількість супутників різного розміру, а також таке утворення як кільця. За розмірами Сатурн поступається тільки Юпітеру. А разом із Ураном і Нептуном ці чотири планети відносяться до газових планет гігантів.

Маса Сатурну у 95 разів перевищує масу Землі при середній густині меншій за густину води і рівній $0,687 \text{ г/см}^3$; прискорення вільного падіння $10,44 \text{ м/с}^2$; об'єм у 763,59 раз більший за об'єм Землі; екваторіальний радіус Сатурна становить $60268 \pm 4 \text{ км}$, що у 9,4492 рази більше радіуса Землі; полярний радіус – $56\,364 \pm 10 \text{ км}$, що у 8,5521 раз більше за земний. Розміри планети визначають за верхню межу хмар. Сплюснутість Сатурна $0,09796 \pm 0,00018$ викликана швидким його обертанням навколо своєї осі при періоді 10,2 години. За 29,46 земних років він обертається навколо Сонця на відстані 1427 млн. км. Синодичний період – 38,09 діб; середня орбітальна швидкість $9,69 \text{ км/с}$. Ексцентриситет – $0,055723219$. Потужний шар атмосфери Сатурна містить 94% водню і 6% гелію (за об'ємом). Припускають, що планета має невелике ядро із заліза і силікатів, яке покрито льодом і глибоким шаром рідкого водню. Наявне магнітне поле трохи слабше за земне.

На Сатурні спостерігаються смуги з меншою чіткістю порівняно з Юпітером; це пояснюється густим туманом з виморожених парів аміаку над хмарами у верхній атмосфері. Наявне велике овальне утворення за розмірами Землі, яке називається Велика Біла пляма. Швидкість атмосферних потоків від 100 м/с на широті 30° до $400\text{-}500 \text{ м/с}$ поблизу екватора (рис. 1) [1, 2].

Метою статті є аналіз фізичної природи супутників Сатурна за результатами наукових досліджень космічних апаратів, гіпотез утворення супутників, що дає змогу показати єдність будови планетних систем.

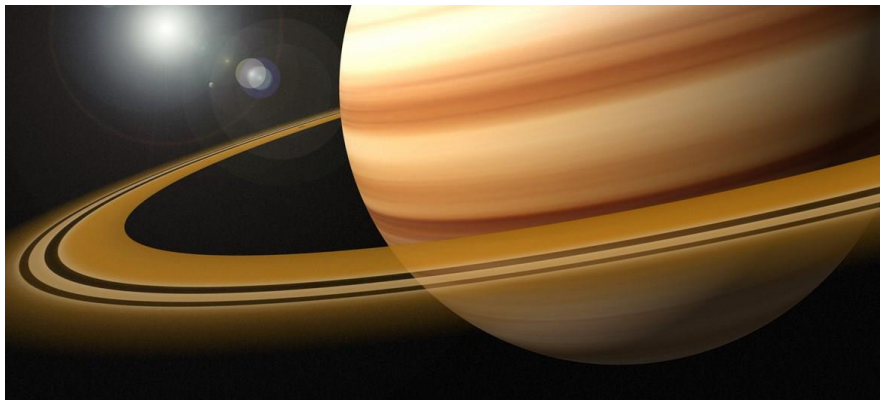
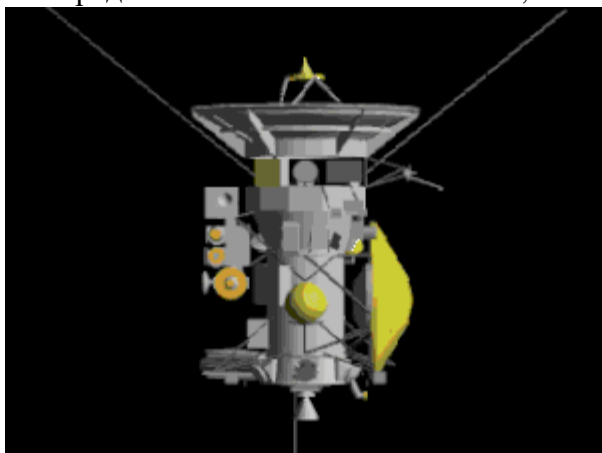


Рис. 1. Сатурн

Сатурн здавна цікавить вчених. Розвиток науки дозволяє проводити дослідження безпосередньо на планеті і біля неї. Так, автоматична міжпланетна станція «Кассіні» була



запущена до Сатурна 15 жовтня 1997 року і досягла планети 1 липня 2004 року, і перебувала на орбіті навколо планети до вересня 2017 року. Її завданням було вивчення структури кільця, супутників і динаміки атмосфери й магнітосфери Сатурна. Космічний зонд «Гюйгенс» 25 грудня 2004 року відділився від космічного зонда «Кассіні» і досягнув поверхні супутника Сатурна Титану 14 січня 2005 року [3].

Рис. 2. Кассіні – Гюйгенс



Рис. 3. Зонд "Кассіні" вийшов на зв'язок і надіслав перші фото Сатурна 27 квітня 2017

Структура, фізичні характеристики планет Сонячної системи дають змогу виділити дві групи: планети земної групи і планети гіганти. Останні відносяться до типу воднево – гелієвих (можливо, з великою домішкою води у внутрішніх районах) планет. Значне віддалення від Сонця зменшує кількість енергії, яку вони отримують. Тому ці планети повинні мати низьку температуру (-170°C, -200°C, -220°C, -230°C, відповідно.) Але, температура видимої «поверхні» цих планет, як правило на 30-50°C вища. Це вказує на наявність внутрішніх джерел енергії, і підтверджується потужними вертикальними і горизонтальними рухами (швидкість від 150 до 200 м/с) атмосферних мас.

Середня густина планет гігантів близька до 1 г/см³. Якщо врахувати формування планет в умовах дефіциту тяжких металів, то це дозволяє оцінити їх хімічний склад: водень, гелій, вода, аміак, метали з можливою домішкою невеликої кількості силікатів і легких металів. Із динамічних міркувань (особливості руху навколо осі, величина полярного стиску, вплив на рух супутників) слідує, що планети - гіганти мають диференційовану структуру: основна маса речовини сильно концентрується до центра планети, тоді як земний спостерігач бачить лише потужні, динамічно активні шари атмосфери; верхній із них визначає розміри видимих діаметрів планет.

Характерною особливістю всіх планет - гігантів являється система кілець, площини яких розміщені в площині екватора планети. Система плоских концентричних кілець Сатурна складаються з частинок криги, пилу і невеликої кількості важких елементів; вперше вона була виявлена у 1610 році Галілео Галілеєм з допомогою телескопу. Але через низьку якість оптики він побачив збоку планети тільки деякі придатки. Лише через 45 років Христіан Гюйгенс першим побачив саме кільце Сатурна. Через 300 років були виявлені кільця в решти планет – гігантів: Урану, Юпітера і Нептуну [4]. Походження кілець не зовсім ясне. Так як всі кільця знаходяться всередині «границі Роша» (границя Роша – є відстанню A від центру планети, яка становить $A = 2,4 R$; вона обмежує область навколо планети, всередині якої внаслідок руйнівної дії припливних сил існування достатньо великого супутника теоретично неможливо). А це дає змогу зробити висновок, що кільця могли утворитися при розпаді супутника, який досить близько підійшов до планети. Можливо також, що матеріалом для кілець була протопланетна речовина, яка не змогла через дію планети сформуватися в супутники.

Вчені поділили кільця Сатурна на 7 груп, які назвали в алфавітному порядку за часом їх відкриття (назвні від Сатурна; D, C, B, A, F, G і E). Кільце F утримується на місці між двома супутниками Сатурна, Прометеєм і Пандорою; тому їх називають супутниками «пастухами». Ще деякі супутники відповідають за створення поділів між кільцями.

Така будова Сонячної системи, коли планети земної групи знаходяться ближче до Сонця, в середині орбіт планет - гігантів, свідчить про її унікальність, оскільки у планетних системах інших зірок масивні планети зазвичай розміщуються ближче до зорі, а планети з меншою масою – розміщені далі від центрального світила. Механізм утворення планет і їх супутників навколо зорі, швидше за все, однаковий у Всесвіті. На відхилення у розмірах планет, наявність супутників, розташування планет навколо зорі можуть впливати початковий розподіл мас у протозоряній туманності, їх взаємодія, температура та швидкості руху протопланетної речовини. Наприклад, гіпотеза походження Сонячної системи передбачає утворення планет-гігантів пізніше за планети земної групи, коли температура навколо Сонячної туманності знизилась до критичної точки, коли починається кристалізація газу. Тугоплавкі елементи вже перебували у твердій фазі у складі ближчих до Сонця планет.

Кількість наявних супутників у планет Сонячної системи різна. Найближчі до Сонця дві планети Меркурій і Венера не мають природних супутників. Земля має один супутник – Місяць, у Марса їх два – Фобос і Деймос

Найбільше різного типу супутників зараз відкрито навколо Сатурна. Всього зараз відомо про 83 природні супутники. Більшість з них було виявлено за допомогою космічних апаратів. Особливо урожайним був 2019 рік, коли добавили до рахунку понад 20 супутників. 13 супутників мають розміри більше 50 км.

Всі супутники Сатурна поділяють на групи в залежності від того, як вони обертаються навколо планети (на якій відстані вони обертаються, напрямом їх обертання, нахил орбіти тощо).

На багатьох супутниках пейзажі значно відрізняються від земних. Дослідники не виключають можливість існування на деяких супутниках певних форм життя. Всі супутники Сатурна поділяють на 8 груп [6]:

- **Титан.** Найважливіший супутник з точки зору розміру, який виділяється своєю атмосферою.
- **Заморожені середні супутники.** Ці супутники мають стандартний розмір і покриті шаром льоду та різними кратерами. Супутники були відкриті за допомогою телескопів. Одними з найважливіших є: Тетида, Діона, Рея, Гіперіон та Япет.
- **Кільцеві супутники** – це ті, які обертаються в межах кілець Сатурна.

- **Супутники пастухи.** Ці супутники знаходяться за межами кільця. Завдяки своїм орбітам вони можуть допомогти їх організувати та модерувати у якості пастухів. Серед найвідоміших є Пандора та Прометей, як «пастухи» для кільця F.
- **Троянські супутники.** Вони обертаються на тій же відстані від Сатурна, що і більші супутники. Зазвичай вони знаходяться на відстані близько 60 градусів перед ними, або позаду. Серед найвидатніших – Хелена та Поллукс.
- **Коорбітальні супутники.** Це ті, що мають однакову лінію, навколо якої вони обертаються. Це робить їх супутниками, які діють і рухаються таким чином, що не можуть зіткнутися один з одним.

Нерегулярні супутники. Це більша група супутників, хоча вони знаходяться досить далеко від Сатурна.

Незначні нижчі супутники. Всі вони знаходяться між орбітами Мімаса та Енцелада.

З усіх супутників Сатурна Титан має другий, найбільший розмір серед супутників Сонячної системи після Ганімеда, який обертається навколо Юпітера (рис. 4). Титан більший за Меркурій і єдиний із супутників Сонячної системи має потужну атмосферу.

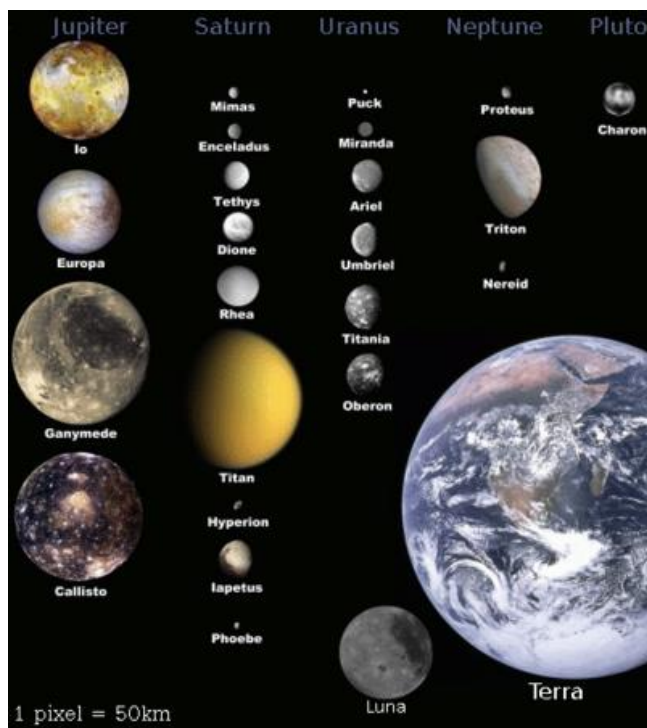


Рис. 4. Порівняльні розміри найбільших супутників Сонячної системи та Землі (<https://uk.wikipedia.org/wiki/Супутник>)

Титан складається з великої кількості вуглеводнів та водню, тому має більш жовтуватий колір. Хрiстiан Гюйгенс вiдкрив Титан у 1655 році. Діаметр Титана – 5150 км, маса у два рази більша маси Місяця, у 4000 раз менше маси Сатурна. Центр маси системи Сатурн і Титан лежить від центру Сатурна на відстані 30 км; це свiдчить про дуже малий вплив супутника на рух планети. Але у Титані зосереджено 95% маси всіх супутників Сатурна, що викликає його вплив на рух інших супутників. Сила тяжіння на Титані у сім разів менша від земної. Велика піввісь – 1 221 830 км, період обертання навколо планети – 16 діб [5]. Джерард Койпер у 1944 році вiдкрив щiльну атмосферу на Титані. Тиск біля поверхні в 1,6 разів перевищує тиск на Землі. Температура становить мінус 170 – 180 °С. На Титані спостерігаються метанові моря, річки та хмари, з яких метан і етан випадають, утворюючи кругообіг подібний земному циклу води. А також спостерігаються гори, які складаються переважно з водяного льоду (рис. 5). У 2019 році Nature Astronomy створило першу глобальну геологічну карту Титана, на якій показані великі рівнини, гори, дюни, а також, озера із рідкого метану.

Вважають, що у великих океанах можуть існувати форми життя, які використовують інші хімічні елементи, ніж ми звикли. Під дуже великим крижаним панциром Титана існує водний океан, який також може підтримувати мікроскопічні форми життя, що подібні до земних.

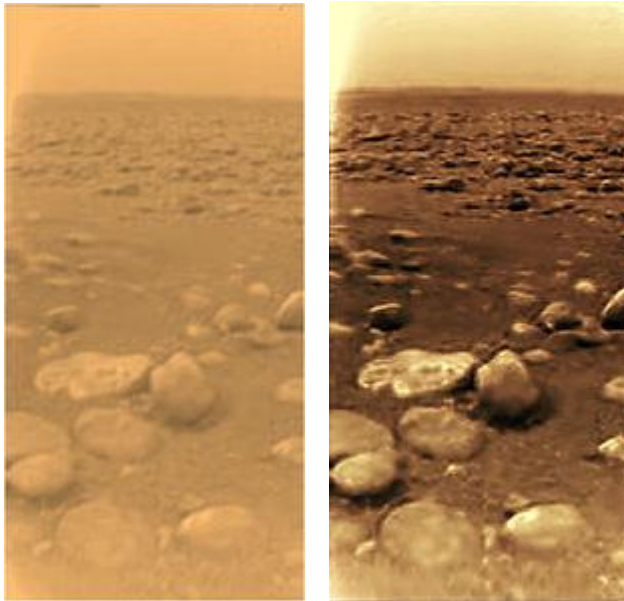


Рис. 5. Зображення «Гюйгенса» поверхні Титана: каміння, згладжене течією рідкого метану

У грудні 2022 року орбітальний інфрачервоний космічний телескоп Джеймс Вебб (англ. James Webb Space Telescope) зробив знімки хмар і атмосфери Титану [7].

У своїй будові Титан містить водяний лід і кам'яністі матеріали. Їх розподіл майже однаковий. Такий склад подібний супутникам Ганімеду, Каллісто, Тритону. Ядро Титану, імовірно, має діаметр близько 3400 км. На Титані

виявлено щонайменше один масивний гірський хребет протяжністю близько 150 км і висотою до 1,6 км, на вершинах якого є світлі відкладення, що, можливо, є покладами метану та інших органічних сполук. На супутнику існує кріовулканізм, коли роль лави виконують вода та аміак. Підтвердженням вулканічної діяльності є вивлений ізотоп аргону-40.

Дослідження Титану дозволили оцінити такий основний склад його атмосфери: 96% – азот, 3% – гелій. У Сонячній системі тільки Титан і Земля мають щільну атмосферу з переважним вмістом азоту. У невеликих кількостях наявні метан, аргон, невеликі сліди етану, ацетилену, пропану, вуглекислого газу та інших газів. Правда, практично відсутній кисень. При такому складі атмосфери є можливість переселення людей на Титан. Створення там поселень з необхідним енергетичним забезпеченням та створення умов вирощування необхідних рослин та тварин з метою харчування.

При товщині близько 400 км атмосфера має шарувату структуру, яка близька до земної (рис. 6) [5]. Властивості шарів атмосфери біля поверхні подібні до таких шарів на Венері. Постійні урагани і вітри присутні на висоті понад 10 км. Єдиної думки про походження атмосфери на зараз не існує. Різні версії не дають завершеної картини появи існуючого складу атмосфери.

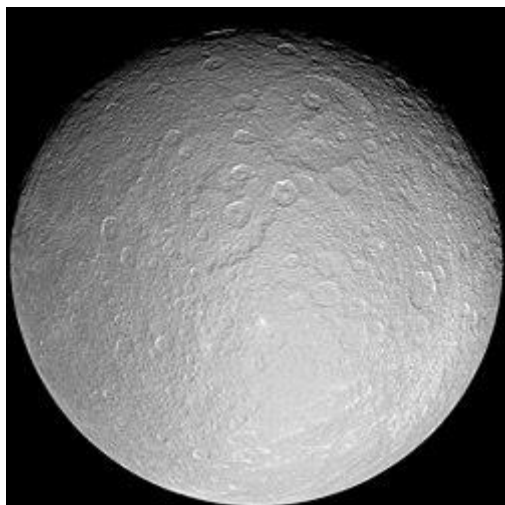
Рис. 6. Шари у верхній частині атмосфери Титану (знімок «Кассіні»)

Оскільки супутник не має значного магнітного поля, то його шари атмосфери піддаються впливу сонячного вітру, космічному випромінюванню і сонячному опроміненню. Під дією ультрафіолету молекули азоту і метану розкладаються на іони, які створюють складні органічні сполуки. В результаті, поверхня Титану і атмосфера мають оранжевий колір.

Кількість метану при цьому не зменшується, що дає можливість назвати одним із джерел метану вулканічну діяльність.



РЕЯ. Це ще один з найважливіших супутників Сатурна – другий за розміром після Титану, двадцять перший за віддаленістю від планети Сатурн [8]. Його діаметр – 1530 кілометрів. Існує думка, що його центральні області утворені із гірських порід та із великої кількості води. Іншими словами – це крижане тіло з середньою густиною



1,237 г/см³, що вказує на такий склад: крижаний лід і менше третини маси супутника припадає на кам'яні породи. Прискорення вільного падіння рівне 0,26 м/с². Рея була відкрита Джованні Доменіко Кассіні 23 грудня 1672 року. Радіус орбіти – 527 тис. км. Період обертання навколо своєї осі 4,518212 діб. Температура поверхні становить від -233 °С до -173 °С. Атмосфера практично відсутня. Джон Гершель запропонував таку назву на честь Реї з давньогрецької міфології – матері кількох олімпійських богів, одним із яких був Зевс.

Рис. 7. Рея. Знімок апарату «Кассіні» 6 листопада 2005 року. Великий кратер зверху – Tigrava [8].

ЯПЕТ. Супутник займає третє місце серед супутників Сатурна [9]. Діаметр – близько 1470 км, радіус орбіти – 3,561 млн км. За віддаленістю від планети Япет – двадцять четвертий. Він має дві різні півкулі: одна яскрава і інша – темна (рис. 8). Це є однією з найбільших таємниць Сонячної системи. Одна із гіпотез – осідання пилу з інших супутників, зокрема Феби. Темніша поверхня спричиняє підвищене нагрівання сонячним



світлом, що прискорює випаровування і, як наслідок, ще більше потемніння. Він також відомий своїм «екваторіальним хребтом», що складається з 10 - кілометрових гір, що оточують екватор. Супутник був відкритий Дж. Д. Кассіні у 1671 році і названий Джоном Гершелем.

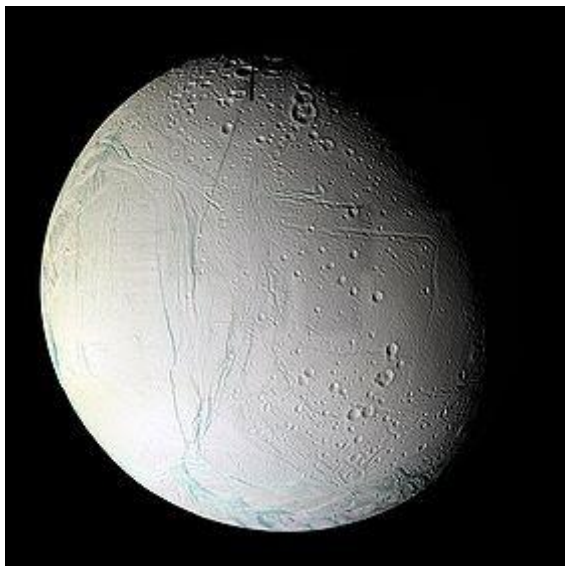
Рис. 8. Мозаїка знімків апарату «Кассіні», 2004 рік

ЕНЦЕЛАД. Супутник має діаметр 500 км, радіус орбіти – 238 тис. км і посідає шосте місце за розмірами і масою серед найбільших супутників Сатурна після Титана (5150 км), Реї (1530 км), Япета (1440 км), Діони (1120 км) і Тефії (1050 км), та чотирнадцяте місце за віддаленістю від планети (рис. 9). Він має заморожене середовище і його крижана кірка білого кольору відбиває майже 100% сонячного світла.

Перші 7 найбільших супутників Сатурна, у порівнянні з меншими супутниками, мають правильну кулясту форму.

Енцелад – найбільш геологічно активний супутник Сатурна. Він має ту особливість, що існують величезні стовпи солоної води, які витікають через тріщини з глибин підземного океану під його крижаною оболонкою. Ці шлейфи залишають за собою слід крижаних частинок, яким вдалося досягти орбіти, утворюючи одне з кілець Сатурна. Решта, у вигляді снігу випадає на поверхню, завдяки чому цей супутник має

найбілішу відбиваючу поверхню (альbedo) у всій Сонячній системі. Шлейфи дають



можливість зробити висновок, що, окрім наявності хімічних елементів, необхідних для життя, можуть існувати гідротермальні джерела, подібні до тих, що знаходяться на дні океану на Землі і викидають гарячу воду. Існує велика ймовірність, що Енцелад може підтримувати деякі форми життя.

Рис. 9. Знімок Енцелада 9 березня 2005 року космічним апаратом «Кассіні-Гюйгенс»

Наявність великого океану рідкої води робить Енцелад одним з найперспективніших місць для пошуку позаземного життя. Аналіз його води виявив у ній метан і більш складні органічні молекули. Наприклад, в гейзерах

Енцелада були знайдені сполуки водню і кисню, вуглецю, азоту і сірки – практично всіх інгредієнтів, що входять до складу біомолекул. А недавно виявили фосфор, який є ключовим компонентом нуклеїнових кислот. Про це повідомив Ясухіто Секіне (Yasuhito Sekine), який виступив на зустрічі Американського геофізичного товариства (AGU), що пройшла нещодавно в Чикаго. При цьому вчені Токійського технологічного інституту використовували дані апарату Кассіні. Зонд зібрав інформацію про хімічний склад не тільки планети і супутників, але і її яскравих кілець. У кільці Е, куди потрапляє речовина, викинута гейзерами Енцелада, виявили частинки, виключно багаті фосфатом натрію. Підлідний океан на супутнику може містити цю речовину в концентрації від одного до 20 мілімолів, що на порядок більше, ніж в океанах Землі, де фосфор – елемент вкрай дефіцитний і затребуваний. Японські вчені припускають, що на Енцеладі він потрапляє у воду з дна, при розчиненні в ній апатитів, які у великій кількості зустрічаються в складі деяких метеоритів, а значить – були і в ранній Сонячній системі, коли формувався супутник. Тому ця знахідка робить Енцелад ще більш цікавим і перспективним місцем пошуку слідів позаземного життя. Можливо, це прискорить роботу над такими проектами, включаючи місію ESA, поки що заплановану до запуску лише після 2035 р.

МІМАС. Цей супутник сьомий за розміром і десятий за віддаленістю від планети [10]. Відкритий В. Гершелем у 1789 році. Діаметр Мімаса 397 км, радіус орбіти – 185,5 тис. км. Густина Мімаса – 1200 – 1400 кг/м³, що свідчить про його основний склад – лід води. Великий кратер на поверхні супутника має назву Гершель та діаметр 130 км і, ймовірно, є наслідком падіння велетенського метеориту. Найбільша його глибина – 10 км, висота стінок – майже 5 км; у центрі – є підвищення на висоту 6 км над рівнем кратера (рис. 10). Вважають, що проміжок між двома кільцями Сатурну (щілина Кассіні) утворився внаслідок взаємодією з Мімасом.

Мімас не зовсім сферичний через припливні сили Сатурна. Розміри супутника 414,8x394,4x381,4 кілометрів. Під поверхнею Мімаса може ховатися водяний «стелс-океан», який підтримується достатньою кількістю внутрішнього тепла [11]. Апарат Кассіні зафіксував цікаву лібрацію – коливання характеристик обертання Мімаса, що свідчить про геологічну активність, яка підтримує внутрішній океан.

Модель утворення кратера Гершель показала, що його форма могла утворитись при можливому існуванні водяного океану, який себе явно не проявляє. Це новий клас – стелс-океан. Наявність у Мімаса внутрішнього океану дозволило оцінити моделі його формування і еволюції. Це дозволяє краще зрозуміти природу кілець Сатурну і

супутників середнього розміру, а також оцінити поширеність океанічних супутників, наприклад, в Урану.

Гіпотези утворення супутників вказують на різні шляхи їх появи: утворення з протопланетної хмари, захоплення гравітаційним полем планети. Частина супутників невеликих розмірів може бути залишками великих небесних тіл, які розбиті на шматки зіткненнями з іншими супутниками або з зовнішніми об'єктами, наприклад з астероїдами.

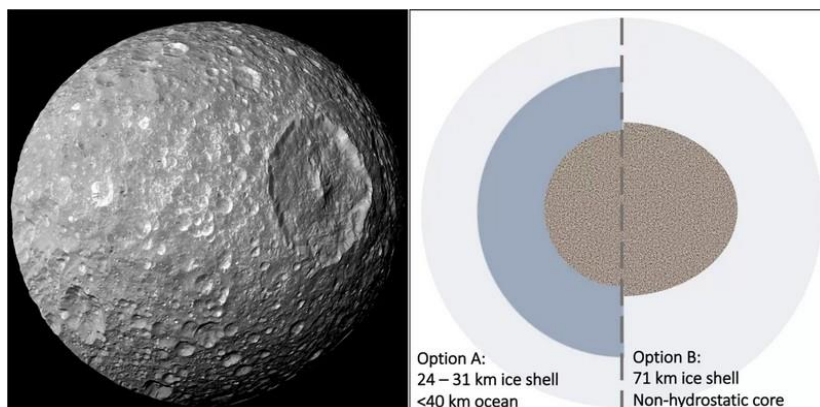


Рис. 10. Супутник Сатурна Мімас [9]

Аналіз фізичних характеристик супутників Сатурна дозволяє відзначити як подібність, так і великі відмінності у будові планет та їх супутників у Сонячній системі. Подібність полягає

у кулястій формі в першому наближенні, наявності чи відсутності атмосфери та існуючих внутрішніх джерел енергії. Великі супутники біля планет гігантів втримуються гравітаційним полем цих планет. Склад наявної атмосфери може змінюватись у процесі еволюції, що дає змогу існуванню форм життя у різних його проявах. Слід відмітити можливість створення на великих супутниках космічних баз з переселенням туди людей.

Список використаних джерел:

1. Климишин І.А. Астрономія : навчальний посібник / І.А. Климишин, Г.О. Гарбузов, Б.О. Мурніков, Т.І. Кабанов. – Одеса : Астропринт, 2012. – 352 с.
2. Сатурн (планета). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Сатурн_\(планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Сатурн_(планета))
3. Кассіні-Гюйгенс. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Кассіні_–_Гюйгенс
4. Кільця планети. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Кільце_\(астрономія\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Кільце_(астрономія))
5. Титан. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Титан_супутник
6. Місяці Сатурна. URL: <https://www.meteorologiaenred.com/uk/lunas-de-saturno.html>
7. Телескоп Джеймс Вебб передав свіжі знімки Титану. URL: <https://3dnews.ru/1078281/teleskop-dgeyms-uebb-peredal-potryasayushchie-snimki-oblakov-titana-sputnika-saturna?from=related-grid&from-source=1081343>
8. Рея (супутник). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Рея_\(супутник\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Рея_(супутник))
9. Япет (супутник). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Япет_\(супутник\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Япет_(супутник))
10. Мімас (супутник). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Мімас_\(супутник\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Мімас_(супутник))
11. Під поверхнею супутника Сатурна Мімаса може ховатися водяний стелс-океан. URL: <https://gadgetcity.com.ua/2023/02/03/pid-poverkhneiu-suputnyka-saturna-mimasa-mozhe-khovatysia-vodiany-stels-ocean/>

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SATURN'S SATURN SATURN AS PROOF OF THE UNITY OF THE STRUCTURE OF THE WORLD

Anatoliy Vidmachenko - Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi - PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov - PhD, Senior Research Fello

Vadym Humenyuk – Student's Masters

The unity of the structure of planetary systems and the world is considered on the basis of the physical characteristics of Saturn's satellites and the hypotheses of their formation.

Keywords. Saturn, satellites of Saturn, Solar system, physical characteristics of celestial bodies.

КАРЛИКОВІ ПЛАНЕТИ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Андрій Леоненко - гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ

У статті йдеться про відкриття, вивчення та розташування карликових планет і їх супутників, особливу увагу приділено найбільшим, найцікавішим та найважливішим з них.

Ключові слова: карликова планета, астероїд, небесне тіло, Сонячна система.



Наш Всесвіт величезний і містить як об'єкти, що їх ми бачимо або про які знаємо, так і невідомі нам. Планети, зірки та галактики становлять лише малу його частину, але є його складовими. У нашій Сонячній системі вісім великих планет. Також у ній є карликові планети, їх врахування значно збільшує загальну кількість планет.

Карликові планети схожі на інші планети Сонячної системи, але менші за розмірами. Вони також є кулястими об'єктами, що обертаються навколо Сонця.

Категорію «карликові планети» було виділено після палких дискусій про те, чи слід називати планетою Плутон. 24 серпня 2006 році Міжнародний астрономічний союз (МАС) для розв'язання проблеми визначення терміну «планета» установив новий, окремий клас об'єктів, названий карликовими планетами. До них віднесли й Плутона [1].

Карликова планета – небесне тіло, що обертається навколо Сонця тобто, не є супутником іншої планети, має достатню масу, щоб гравітація надала їй сферичної форми, проте не розчистила околиці своєї орбіти від інших тіл – вони «не домінують» на своїй орбіті [1].

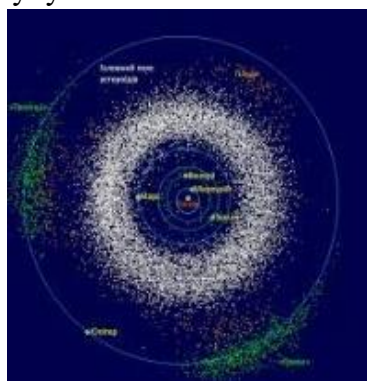


Рис. 1. Головний пояс астероїдів

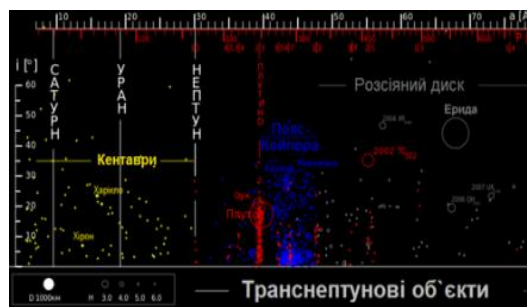
Пояс астероїдів

Пояс астероїдів — область Сонячної системи, яка розташована між орбітами Марса і Юпітера, яка є місцем скупчення великої кількості об'єктів різних розмірів, переважно неправильної форми, що називаються астероїдами (рис.1) [2].

Цю область також часто називають головним поясом астероїдів, підкреслюючи її відмінність від інших подібних областей скупчення малих планет, таких як пояс Койпера за орбітою Нептуна, а також скупчення об'єктів розсіяного диску і хмари Оорта.

Транснептунові об'єкти — небесні тіла Сонячної системи, які здебільшого перебувають поза орбітою Нептуна (рис.2) [3].

Рис. 2. Розташування транснептунових об'єктів



Церера - перша відкрита карликова планета (рис. 3)

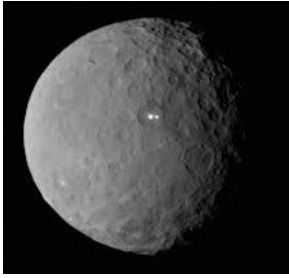


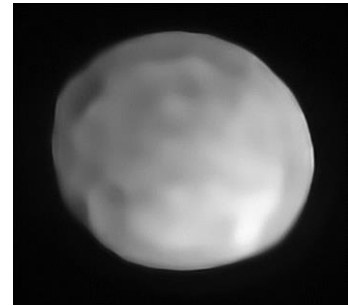
Рис. 3. Церера — в головному поясі астероїдів

Вона найближча до Землі карликова планета, часом наближається до неї на відстань 263 млн км. Відкрита 1 січня 1801 року італійським астрономом Джузеппе Піацці в астрономічній обсерваторії в місті Палермо [4].

Гігея - найменша з відкритих карликових планет

Вона також розташована в головному поясі астероїдів Першим Гігеєю виявив італійський астроном Аннібале де Гаспаріс ще у 1849 році, але аж 170 років - до 28 жовтня 2019 року вона офіційно вважалася астероїдом (рис. 4). Названа Гігея на честь давньогрецької богині здоров'я [5].

Рис. 4. Карликова планета Гігея



Її діаметр близько 430 км. Приводом для офіційної зміни класифікації Гігеї послужило те, що вченим вперше вдалося детально розглянути її за допомогою дуже великого телескопу (VLT - Very Large Telescope), встановленого в обсерваторії Паранал, що у чилійській пустелі Атакама, та довести її кулястість.

Гігея - за розмірами поступається Церері (950 км), Весті (525 км) і Палладі (512 км). До початку XIX століття всі три вважалися справжніми планетами, однак згодом через неправильну форму Веста і Паллада були "розжалувані" в астероїди [5].

Плутон — найбільша з відомих карликова планета Сонячної системи (рис. 5)

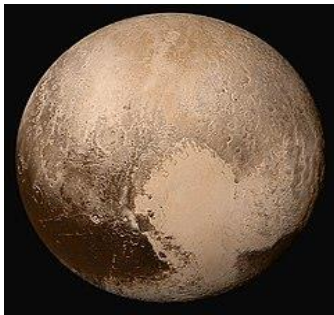


Рис. 5. Плутон — найбільший транснептуновий об'єкт

Це перший відкритий об'єкт поясу Койпера. Він складається здебільшого з каменю й льоду, є відносно малим. За масою поступається Місяцю в'ятеро, а за об'ємом — утричі. Орбіта Плутона має великий ексцентриситет і значний нахил до площини екліптики. Через її витягнутість Плутон то наближається до Сонця на відстань 29,6 а. о. і опиняється ближче, ніж Нептун, то віддаляється на 49,3 а. о [6]. Має

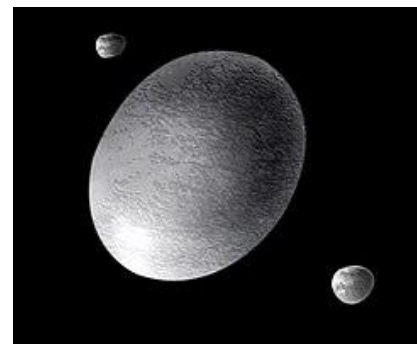
супутник Харон.

Гаумеа — карликова планета, плутоїд, транснептуновий об'єкт (рис. 6)

Згідно з даними астрономів, має діаметр від 50 % до 75 % діаметра Плутона, дуже витягнуту форму й період обертання навколо своєї осі близько 4 годин [7].

Рис. 6. Гаумеа та її супутники

Має 2 супутники з періодами обертання 34 і 49 діб. Названа на честь гавайської богині плодючості та дітородження Гаумеа. Супутники Гаумеа отримали назви Хііака та Намака. В гавайській міфології це доньки Гаумеа [7].



МакеМаке — яскрава карликова планета, транснептуновий об'єкт, плутоїд

Об'єкт відкритий 31 березня 2005 року групою, очолюваною Майклом Брауном.

Рис. 7. Поверхня карликової планети Макемаке [9]

Діаметр її від 50% до 75% діаметра Плутона і займає третє або четверте місце за діаметром серед об'єктів поясу Койпера. Щільність Макемаке досягає 1.4–3.2 г/см³. 23 квітня 2011 планета покрила слабку зірку USNO-B1 1181-0235723. Це дало можливість встановити її діаметр - 1502×1430 км, альbedo 0,77.

Станом на 2012 рік Макемаке знаходилася в 52,2 а. о. (7,8 млрд км) від Сонця, поблизу точки афелія, яку досягне в квітні 2033 року (рис. 7). Її абсолютна зоряна величина становить -0,44^m, а видимий блиск дорівнював 16,9^m, тобто Макемаке — другий за яскравістю з відомих об'єктів поясу Койпера після Плутона. Він досить яскравий, тому його можна було зняти потужним аматорським телескопом [9].



Орк – транснептуновий об'єкт відкритий у лютому 2004 року

Діаметр близько 946 км, - приблизно 40% діаметра Плутона (близько 2306 км).

Орбіта Орка дуже нагадує орбіту Плутона. Цікаво, що Орк завжди розташований на протилежній (щодо Плутона) стороні орбіти, тобто, коли Орк перебуває в перигелії, то Плутон у цей час проходить афелій і навпаки. Через це Орк іноді називають «Анти-Плутоном». Названий на честь Орка — бога смерті й підземного царства в етрусській міфології.

Рис. 8. Орк — великий плутино

Поверхня Орка відносно яскрава. Лід виявлений переважно в кристалічній формі, яка може бути пов'язана з кріовулканічною діяльністю. Також, можуть бути наявні інші сполуки, такі як метан або аміак [10].



Квавар — карликова планета, в поясі Койпера, відома ще під назвою «2002LM60» (рис. 9)

Рис. 9. Квавар, удвічі менший Плутона – має 1110 км в діаметрі

На Кваварі були виявлені ознаки існування водяного льоду, що свідчить про можливий кріовулканізм. На його поверхні присутня невелика кількість метану, який вдалося утримати лише найбільшим об'єктам поясу Койпера [11].

Ерїда— друга за розміром після Плутона, наймасивніша і найвіддаленіша від Сонця карликова планета (рис. 10) [12]

Середня відстань Ериди від Сонця — 68 а. о. (близько 10 млрд км), але її орбіта дуже витягнута — ексцентриситет дорівнює 0,43. Сонячне світло йде до неї понад 13 годин. Період її обертання навколо Сонця становить 561 рік, тобто вона досягне найближчої до Сонця точки орбіти 2258 року [12].

Рис. 10. Перше фото Ериди



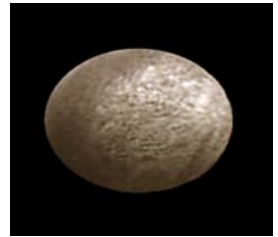
Варуна — відособлений об'єкт поясу Койпера (рис. 11)

Розміри Варуни варіюють від 500 до 1060 км.

Рис.11. Варуна - один з найбільших класичних об'єктів поясу Койпера

Припускають, що Варуна складається з суміші пористих порід із низькою густиною

(густина $\sim 1 \text{ г/см}^3$). Колір поверхні — помірно червоний, але надзвичайно темний (альbedo $< 0,04$) [13].



Іксіон — транснептуновий об'єкт, відомий ще як 2001 KX76 [14]



Рис. 12. Іксион

Об'єкт відкритий 22 травня 2001 року Міжамериканською обсерваторією Серро-Тололо під час Глибокого огляду екліптики [14].

Афелій Іксіона розташований на відстані 49,269 а. о. від Сонця, перигелій — на відстані 30,091 а. о. Іксіон і Плутон рухаються схожими, але протилежно нахиленими орбітами (афелій Плутона становить 48,871 а. о., перигелій — 29,657 а. о. Перигелій Іксіона лежить нижче екліптики, а Плутона — вище.

Обертання відбувається в резонансі 2:3 з Нептуном — поки Іксіон робить два оберти своєю орбітою, Нептун робить три, отже, Іксіон — це плутино.

Седна— карликова планета, транснептуновий об'єкт

Названа на честь ескімоської богині морських тварин Седни [15].

Рис.13. Седна – один з найчервоніших об'єктів у Сонячній системі, майже така ж червона як і Марс

Велика піввісь її орбіти становить близько 541 а. о., а сама орбіта дуже витягнута, її ексцентриситет $e = 0,86$. Відстань від Сонця у перигелії становить 76,1 а. о., в афелії — близько 1000 а. о. Оберт навколо Сонця Седна робить за 11 400 років. Її альbedo більше 0,2.



Американська група астрономів

Більшість карликових планет були відкриті групою американських астрономів. У неї входили: Майкл Браун (Каліфорнійський технологічний інститут), Девід Рабінович (Єльський університет) і Чедвік Трухільйо (Обсерваторія Джеміні). Команда Майкла Брауна спромоглася відкрити багато транснептунових об'єктів і карликових планет. Також на честь кожного із них названо астероїд [17].

Висновок. Карликові планети схожі на інші планети Сонячної системи, але менші за них. Вони також є великими кулястими об'єктами, що обертаються навколо Сонця. Всі карликові планети мають свої особливості.

Вони є не тільки за орбітою Нептуна, а й у Головному поясі астероїдів. Це Церера та Гігея. Гігея – це не тільки найменша, а й наймолодша з карликових планет, адже їй цей статус присвоїли тільки у 2019 році. Карликові планети знаходяться також за поясом Койпера та в хмарі Оорта, наприклад Седана. Я впевнений, що це не всі карликові планети, нас ще чекають цікаві відкриття. Космічні апарати, які прямують до краю Сонячної системи, передають на Землю багато нової інформації.

Список використаних джерел:

1. Карликова планета. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Карликова_планета
2. Пояс Астероїдів. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Пояс_астероїдів
3. Транснептуновий об'єкт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Транснептуновий_об'єкт
4. Церера (карликова планета). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Церера_\(карликова_планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Церера_(карликова_планета))
5. У Сонячній системі - нова найменша карликова планета Гігея – BBC NEWS. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/news-50212928>
6. Плутон (карликова планета). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Плутон_\(карликова_планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Плутон_(карликова_планета))
7. Гаумеа (карликова планета). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Гаумеа_\(карликова_планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Гаумеа_(карликова_планета))
8. Макемаке (карликова планета). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Макемаке_\(карликова_планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Макемаке_(карликова_планета))
9. 90482 Орк. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/90482_Орк
10. 50000 Кваввар. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/50000_Кваввар
12. Ерида (карликова планета). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ерида_\(карликова_планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ерида_(карликова_планета))
13. 20000 Варуна. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/20000_Варуна
14. 28978 Іксіон. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/28978_Іксіон
15. 90377 Седна. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/90377_Седна
16. Транснептуновий об'єкт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Транснептуновий_об'єкт
17. Майкл Браун. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Майкл_Е._Браун

DWARPH PLANETS SOLAR SYSTEM

Andriy Leonenko is a member of the astronomical circle of Vinnytsia RCTCSY.

The paper deals with the discovery, study and location of dwarf planets and their satellites, special attention is paid. the biggest, most interesting and most important of them.

Keywords: Dwarf planet, asteroid, celestial body, Solar system.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕНЕРИ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ

Сергій Маковій - гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ.

У статті йдеться про дослідження Венери космічними апаратами.

Ключові слова: Венера, дослідження, орбіта, астрономія, атмосфера, перигелій, афелій.

Результати астрономічних спостережень Венери

Венера - друга по відстані від Сонця і найближча до Землі планета Сонячної системи. Середня її відстань від Сонця - 108 млн. км. Основні її характеристики були відомі з астрономічних спостережень ще до ери космічних досліджень планети.

Венеру видно на небі або після заходу Сонця (вечірня зірка), або незадовго до його сходу (ранкова зірка). Венера - найяскравіше світило після Сонця і Місяця, за сприятливих умов можна спостерігати навіть тінь від предметів, що створюється її світлом. Ця планета відома людям з глибокої давнини. Ще у 1610 році Галілео Галілей провів перші телескопічні спостереження небесних світил. Він спостерігав зміну фаз Венери, тобто зміну її видимої форми від диска до вузького серпа.



Існування атмосфери Венери було виявлене в 1761 році М. В. Ломоносовим при спостереженнях її проходження перед диском Сонця (рис. 1).

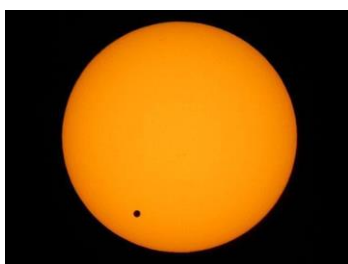


Рис. 1. Проходження Венери перед диском Сонця

З початком ери космонавтики до Венери були направлені автоматичні міжпланетні станції - АМС.

Першою туди дісталась радянська станція «Венера-1» (рис. 2), але ніяких досліджень вона не проводила.



Рис. 2. АМС Венера-1

Через 1,5 року було запущено «Марінер-2» (рис. 3). Це був перший американський апарат який досяг Венери, та перший у світі апарат, що провів дослідження атмосфери Венери і впливу на неї сонячного вітру.

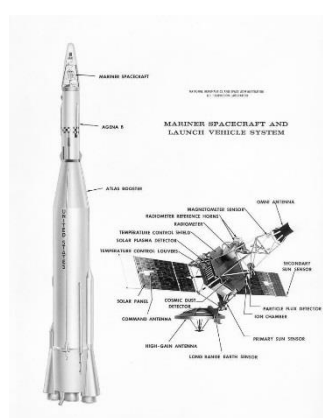


Рис. 3. Марінер-2

АМС «Венера-4, 5, 6» та «Марінер-5» дослідили і встановили:

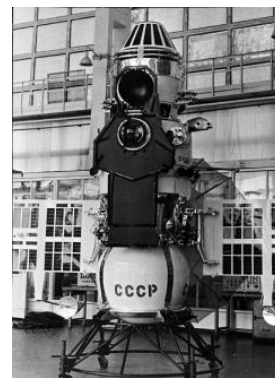
- ❖ справжній тиск атмосфери Венери— майже 100 атмосфер,
- ❖ температура біля її поверхні— майже 500°C

Перша посадка на поверхню Венери

Її здійснила на нічному боці АМС «Венера-7» (рис. 4), проте програма польоту була виконана лише частково.

Телеметрична інформація з посадкового апарату «Венера-8» передавалася протягом усього спуску та 50 хвилин після посадки. Отримано дані: температура поверхні + 470°C, тиск – 90 атмосфер. [1].

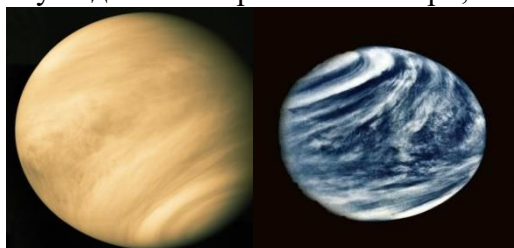
Рис. 4. Станція Венера-7 на етапі монтування обладнання



Перші зображення Венери

Їх передав «Марінер-10» - перша місія з дослідження двох планет - Меркурія і Венери

Він, у січні 1974 р., наблизився до Венери, здійснив гравітаційний маневр і направився до Меркурія. З 5 лютого 1974 року надсилав зображення Венери, всього надіслано 104 165 фотографій.



Перше зображення показало денно-нічний термінатор планети (рис. 5).

Рис. 5. Фото Венери зроблені АМС «Марінер-10» [2].

Перші панорамні телевізійні зображення поверхні Венери

Вони вперше були передані взагалі з іншої планети у 1975 році (рис. 6).



На панорамах, складених з телевізійних зображень з КА «Венера-9» і «Венера-10», видно виходи корінних порід; розвали каменів можуть бути результатом зсувів у корі, також було підтвердження тектонічної активності на Венері [3].

Рис. 6. Панорама поверхні Венери

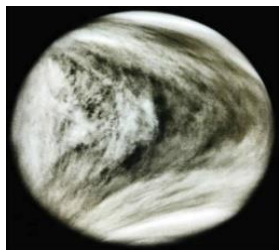
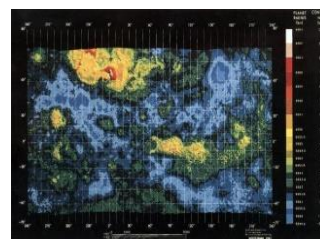


Програма Піонер-Венера

АМС «Піонер-Венера-1» (рис. 7) зробила топографічну карту Венери за допомогою радару (рис. 8), а також досліджувала іоносферу планети та її взаємодію із сонячним вітром.

Рис. 7. АМС Піонер-Венера-1

Рис. 8. Топографічна карта поверхні Венери



КА «Піонер-Венера-2» вивчав атмосферу та хмарний покрив Венери (рис. 9).

Рис. 9. Фотографія хмар зроблена в ультрафіолетовому випромінюванні [4]

Перші кольорові знімки поверхні Венери та радіолокаційне картографування

Перші кольорові знімки поверхні Венери (рис. 10) були зроблені станціями «Венера-13» і «Венера-14» запущеними у 1981 році. Ці КА також проаналізували зразки ґрунту, здобуті за допомогою бура [5], [6].

«Венера-15» і «Венера-16» - в свою чергу провели радіолокаційне картографування поверхні Венери (рис. 11).

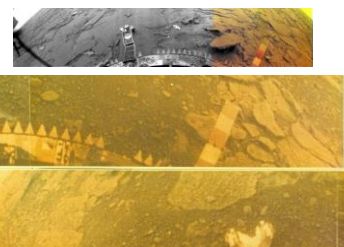


Рис. 10. Чорно-білі і кольорові панорами Венери

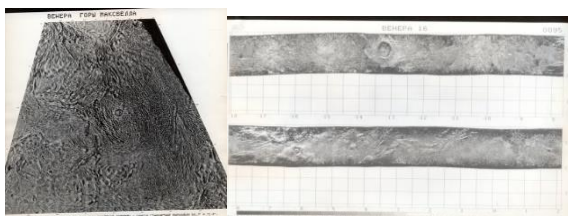


Рис. 11. Радіолокаційне картографування сусідки Землі [7]

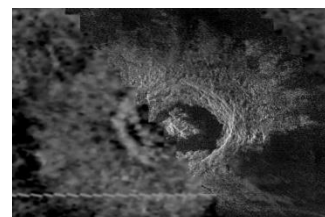
Програма «Магеллан»

Рис. 12. КА «Магеллан»

Він з 15 вересня 1990 р. надіслав 1200 гігабайт високоякісних радіолокаційних зображень Венери (рис. 13-16).



Рис. 13. Кратер Голубкіна



Вони показали: ознаки вулканізму, тектонічного руху, бурхливих приземних вітрів, кілометри лавових каналів і гори у формі млинців [8].

Добре видно різницю в деталізації зображень (ліворуч фото зроблені Венерою-15, праворуч зображення зроблене «Магелланом»).

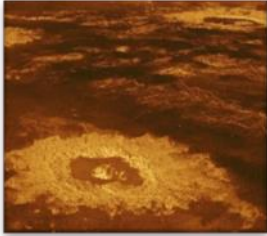
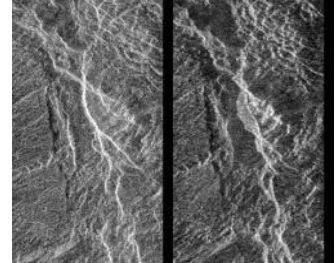


Рис. 14. Зображення зроблене Магелланом отримало назву «Кратерна ферма». Видно дивне шарування вулканічної активності та кратерів.

Рис. 15. Перше підтвердження венеро трусів – знімки Плато Terra Афродіта.



Два знімки цього плато, зроблені у листопаді 1990 р. та у липні 1991 р.

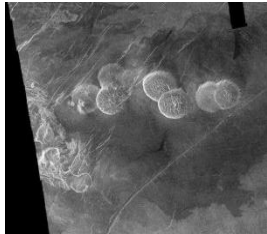


Рис. 16. Східний край Регіону Альфа

Видно сім круглих куполоподібних пагорбів, в діаметрі до 25 км з висотою до 750 метрів. Це в'язкі лавові потоки, що надходять із-під відносно рівної поверхні та розтікаються у формі млинців [8].

Результати досліджень КА «Венера - Експрес»

- ❖ Створено температурну карту південної півкулі (рис. 17).
- ❖ Доведено існування океанів на поверхні Венери у минулому.
- ❖ Доведено більшу поширеність блискавок на Венері, ніж на Землі.
- ❖ Відкрито величезний подвійний атмосферний вихор на південному полюсі планети.

Рис. 17. Температурна карта південної півкулі планети.

15 травня 2014 року, після восьми років на орбіті, коли запаси палива для підтримки її еліптичної орбіти закінчувалися, наукові експерименти було завершено [9].

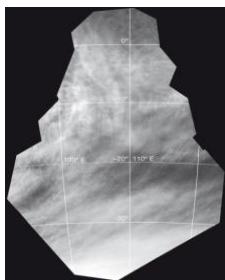
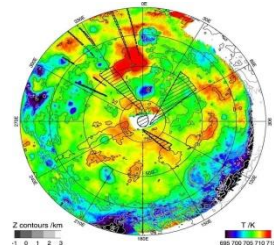
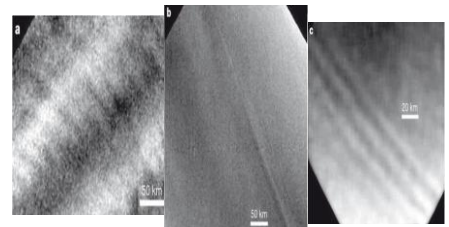


Фото зроблені Венерою-Еспрес

Рис. 18. Мозаїка УФ оглядів, показує смуги, хвилі та комірки конвекції

Рис. 19. Три огляди хмар Венери з хвилеподібними структурами [10]



КА «Акацукі»

Місія Venus Climate Orbiter (PLANET-C), або "AKATSUKI", вивчала циркуляцію атмосфери Венери (рис. 20).



Рис. 20. Знімки атмосфери Венери зроблені в ультрафіолетовому спектрі апаратом «Акацукі»

Метеорологічна інформація була отримана шляхом глобального картографування хмар за допомогою чотирьох камер на ультрафіолетових та інфрачервоних довжинах хвиль, застосовуючи радіонаукові методи виявлено блискавки за допомогою високошвидкісного тепловізора та спостереження за вертикальною структурою атмосфери [11].

Місія NASA Parker SolarProbe

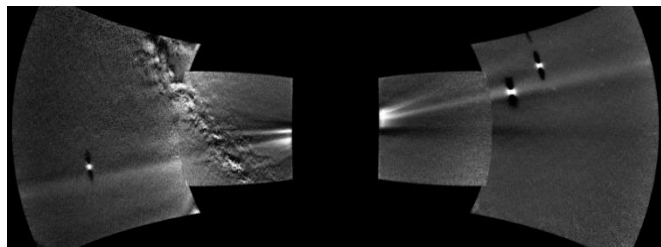


Рис. 21. Орбітальне пилове кільце Венери [12]

Вона дала вченим перший повний погляд на орбітальне пилове кільце Венери (рис. 21), що являє собою сукупність мікроскопічних частинок пилу, яка циркулює навколо Сонця по орбіті Венери.

Вона дала вченим перший повний погляд на орбітальне пилове кільце Венери (рис. 21), що являє собою сукупність мікроскопічних частинок

Космічний корабель Вері Colombo місія якого - вивчення Меркурія

Він зміг записати звук сонячного вітру на Венері. ВеріColombo зробив знімок Венери, коли вона була на відстані 1 600 км від космічного апарату (рис. 22) [13, 14].

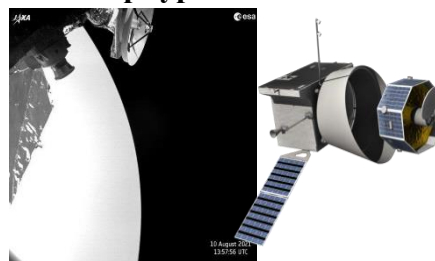
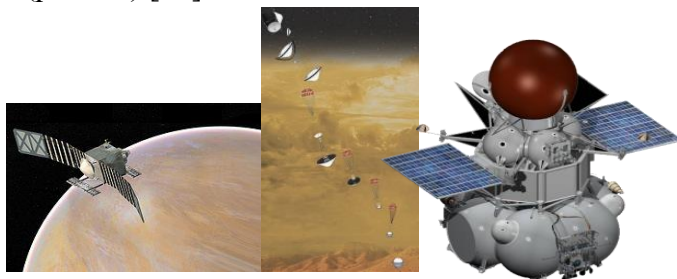


Рис. 22. Фото Венери зроблене апаратом ВеріColombo

Висновок. Вважаю, що дослідження Венери були чи не найактивнішими, вони продовжуються й зараз, враховуючи всі помилки та досягнення попередніх місій. У 2028-2030 роках плануються три місії до Венери (рис. 23) [15]: NASA VERITAS, DAVINCI+, місія Роскосмосу «Венера-Д»

Рис. 23. Апарати майбутніх місій



Протягом осені та зими 2021 року Царицю небес було чудово видно в південно західній частині вечірнього неба. Також можна було спостерігати ретроградний рух Венери, який відбувається кожні 1,5 роки (найчастіше серед інших планет Сонячної системи). Також у грудні 2021– січні 2022 років Венера брала участь у параді планет. У 2022 році подібних парадів було два.

На початку березня і 12 червня. У лютому 2022 р. було два з'єднання за участю Венери: спочатку з Сатурном, а 11 лютого з Юпітером.

Зацікавленість цими дослідженнями спонукає мене продовжувати спостерігати та аналізувати дані спостережень Венери та інших космічних тіл.

У січні та лютому 2023 р. сусідку Землі чудово видно на вечірньому зоряному небі.

Список використаних джерел:

1. Інформація про станцію «Венера-8». URL: <http://galspace.spb.ru/index491.html>, https://nebo-nsk.ru/sites/default/files/venera_7_50_compressed_1.pdf
2. Інформація про АМС «Марінер»-10 та фото зроблені ним. URL: <http://galspace.spb.ru/index527.html>
3. Інформація про АМС «Венера-9» та «Венера-10. URL: <http://galspace.spb.ru/index89-2.html>, <https://www.roscosmos.ru/29215/>

4. Інформація про АМС «Піонер — Венера-1, 2» та фото зроблені ними. URL: <http://galspace.spb.ru/index503.html>
5. Інформація про станції «Венера-13» та «Венера-14» URL: <http://galspace.spb.ru/index89-2.html>, <https://www.roscosmos.ru/29215/>
6. Звуки з поверхні Венери записані АМС Венера-13 і Венера-14. URL: <https://youtu.be/TzP3jwZod5Y>.
7. Інформація про станції «Венера-15» та «Венера-16». URL: <http://galspace.spb.ru/index510.html>, <https://www.roscosmos.ru/29215/>
8. Інформація про місію «Магелан». URL: <https://solarsystem.nasa.gov/missions/magellan/in-depth>
9. Інформація про АМС «Венера-Експрес». URL: <https://solarsystem.nasa.gov/missions/venus-express/in-depth/>
10. Фото зроблені АМС «Венера-Експрес». URL: <http://galspace.spb.ru/nature.file/venus-2.html>
11. Інформація про КА «Акацукі». URL: <https://solarsystem.nasa.gov/missions/akatsuki/in-depth/>
12. Інформація про Parker Solar Probe. URL: <https://solarsystem.nasa.gov/planets/venus/exploration>
https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/chronology_venus.html
13. Космічний апарат ВеріColombo зміг записати звук сонячного вітру на Венері. URL: <https://zn.ua/ukr/TECHNOLOGIES/kosmichnij-apat-bepicolombo-zmih-zapisati-zvuk-sonjachnoho-vitru-na-veneri.html>.
14. Звуки та фото з Венери. URL: <https://youtu.be/EkBtTzLB1NQ>.
15. Майбутні місії до Венери. URL: https://tech.24tv.ua/veneri-mogla-zberegitsiya-vulkanichna-aktivnist-novini-tehnologiy_n1806976.

RESEARCH OF VENUS SPACECRAFT

Serhiy Makoviy A member of the astronomical circle of Vinnytsia OCTTUM

The article deals with the study of Venus by spacecraft.

Keywords: Venus, research, orbit, astronomy, atmosphere, perihelion, aphelion.

СИЛА КОРІОЛІСА НА ЗЕМЛІ ТА В КОСМОСІ

Вікторія Вештак – вихованка астрономічного гуртка ОЦТТУМ

У статті йдеться про вивчення сили Коріоліса та її відкриття Гаспаром-Гюставом Коріолісом. Про те, що являє собою ця сила

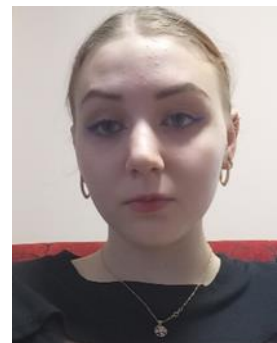
Ключові слова: сила Коріоліса, Гаспар-Гюстав Коріоліс, системи відліку, інерція, сила інерції.

Однією з таємниць для мене ще донедавна була сила, яка підмиває праві береги річок, закручує вітрові та водяні потоки, спричиняє вихорі на планетах гігантах як, наприклад, Червона пляма на Юпітері - це сила Коріоліса. Навчаючись в астрономічному гуртку Вінницького ОЦТТУМ та секції «Астрономія» МАН, вивчаючи відповідні наукові роботи, я знайшла відповіді на ці важливі запитання.

Сила Коріоліса - одна з сил інерції, яка існує в системі відліку, що обертається, виявити її можна при русі в напрямі під кутом до осі обертання.

Дивовижна сила, її дія та значення

Сили, що зумовлені не взаємодією між тілами, а властивостями системи відліку, називаються силами інерції [1]. Поява сили інерції обумовлена не взаємодією даного тіла з іншими тілами, а самим фактом прискореного руху тіла, точніше – фактом взаємодії тіла з тим фізичним об'єктом який називається простір-час (рис. 1).



Сила Коріоліса

Відцентрова сила інерції діє на всі точки земної поверхні, та її надра, а також на ті точки близьких околиць Землі, які обертаються разом з нею. Але за певних умов на земні об'єкти діє ще одна сила інерції, яку прийнято називати силою Коріоліса (названа на честь французького вченого Гаспара Коріоліса).

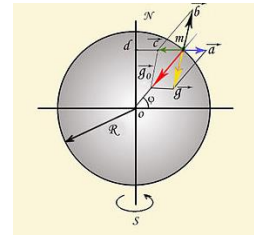


Рис. 1. Сила інерції

З'ясовуючи суть, прояви та причини появи сили Коріоліса, розглянемо та проаналізуємо наступний експеримент. Припустимо, що кулька масою m , з постійною швидкістю v рухається вздовж радіусу диску [2].

Коли диск не обертається, то траєкторією руху кульки буде радіальна пряма OA . Якщо ж диск обертається, то траєкторією руху кульки буде певна крива OB (рис. 2).

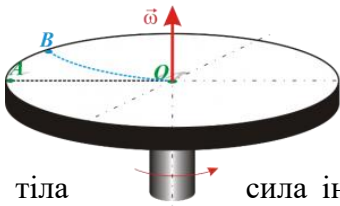


Рис. 2. Траєкторія кульки на не рухомому (OA) і рухомому (OB) дисках

Сила Коріоліса – це така перпендикулярна до напрямку руху тіла сила інерції, поява якої обумовлена тим, що рухаючись в обертальній системі відліку, тіло переміщується між точками з різними швидкостями обертання. А це означає, що тіло рухається з певним бічним прискоренням, яке і спричиняє появу направленої в протилежну сторону від прискорення сили інерції (сили Коріоліса) [2].

Результати дії сили Коріоліса на Землі

1. Під дією сил Коріоліса річки північної півкулі підмивають праві береги, а річки південної півкулі – ліві. При цьому наявні перешкоди, річки північної півкулі огинають з правого боку, а річки південної півкулі – з лівого [2].

2. Під дією сил Коріоліса, вільно падаючі тіла відхиляються на схід від вертикалі. При цьому на екваторі це відхилення є максимальним, а на полюсах – нульовим.

3. Снаряд випущений у північному напрямку, в північній півкулі відхиляється на схід, а в південній – на захід. При пострілі в зворотньому напрямку, напрямки відхилень будуть протилежними [2].

4. Снаряд випущений у східному напрямку, відхиляється вгору, а снаряд випущений в західному напрямку – відхиляється до землі.

5. Під дією сил Коріоліса навіть зношуваність залізничних рейок при односторонньому русі потягів буде суттєво різною: у північній півкулі більш зношеними будуть праві рейки, а в південній – ліві.

Саме тому дію сили Коріоліса враховують: військові, інженери залізничники, пілоти, будівничі гідравлічних споруд та працівники багатьох інших професій. Особливо це важливо у час визвольної війни проти рашистської загарбницької навали.

Гаспар-Гюстав Коріоліс (рис. 3)

Коріоліс дав остаточне формулювання теорії відносного руху, ввівши поняття про так звані «силу Коріоліса» і «прискорення Коріоліса». Також відомий науковими розробками про прискорення в абсолютному та відносному рухах, які згодом будуть названі теоремою Коріоліса [3].

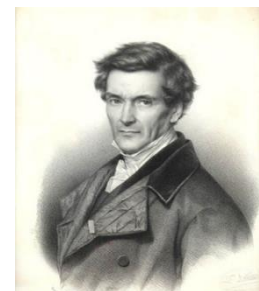


Рис. 3. Гаспар-Гюстав Коріоліс

В роботі у 1835 році Коріоліс розглянув випадок, більш загальний, ніж раніше в 1832 році. Він розглянув сили інерції нового типу. Їх визначив як сили, які перпендикулярні одночасно відносній швидкості та осі

обертання у відносних координатних площинах. Величина нових сил визначена як подвоєний добуток кутової швидкості обертання рухомої системи координат та величини проекції відносної швидкості на площину, перпендикулярну до осі обертання. Бачачи між цими силами та відцентровою силою інерції деяку аналогію, Коріоліс дав їм найменування «складні відцентрові сили» [3].

Прояви сили Коріоліса на річках України

Дніпро – найбільша річка нашої країни

Крутість правого берега досить помітна (рис. 4). Знаючи цю особливість, можна зрозуміти, чому саме лівий берег так гарно укріплений у місті Київ (це добре видно в районі мосту Метро) [4].



Рис. 4. Річка Дніпро (м. Київ)

Південний Буг і краєвиди річки на Вінниччині

Вінниччина одна з центральних областей, де тече Південний Буг (рис. 5). Річка бере початок на Поділлі і впадає до Бузького лиману Чорного моря [5].



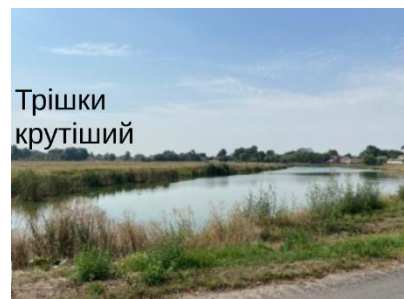
Рис. 5. Крутий правий берег Південного Бугу за межами Вінниці

Річка Альта

Враховуючи той факт, що Альта продовжує звужуватися і міліти внаслідок природних та антропогенних чинників, дія сили Коріоліса тут прослідковується на даний момент слабо; адже наслідки набагато помітнішого її впливу в давнину вже вивітрилися або зруйнувалися (рис. 6).

Рис. 6. Річка Альта

Обидва береги загалом досить пологі та немає різких відмінностей. Ось чому рівень вираженості сили Коріоліса на річку може слугувати показником її стану [6].



Трубіж (Чернігівського і Ніжинського районів)

Річище слабозвивисте, ширина його до 15 м, проте дія сили Коріоліса досить яскраво виражена в певних місцях (рис. 7). Наприклад, неподалік від шлюзів добре видно, що замулений берег зі сторони луку значно пологіший, ніж інший. Таким чином, можна зробити висновок: крутішим берегом є правий, пологішим – лівий [4].



Рис. 7. Річка Трубіж

Річка Ворскла

Протікає Белгородською областю Російської Федерації, Сумською та Полтавською областями України. Для Ворскли також характерне слабозвивисте русло.

Річка має таку ж асиметрію берегів яка притаманна для сили Коріоліса (рис. 8).

Рис. 8. Річка Ворскла

Долина трапецієвидна. Майже по всій довжині річки високий правий берег, лівий – низький [6].

Річка Хорол — протікає на теренах Сумської та Полтавської областей



Долина трапецієвидна, часто асиметрична з підвищеними правими і пологими лівими берегами (рис. 9).



Рис. 9. Річка Хорол

Її берегам також притаманна сила Коріоліса [6].

Псел — протікає в росії та Україні, в Сумській та Полтавській областях

Місцеві завжди дивувалися від незвичності берегів. Зазвичай схили долини рік асиметричні: високі праві та низькі ліві (рис. 10).



Рис. 10. Річка Псел

Саме тут і відображається сила Коріоліса, відповідно до якого зрозуміло, що праві береги річки, що знаходяться у північній півкулі значно крутіші [6].

Дії сил Коріоліса на планетах Сонячної системи

На основі проаналізованої наукової інформації, вважаю, що сила Коріоліса діє на всі тіла Сонячної системи, та для тих тіл, на яких кутлова швидкість обертання дуже мала, результат її дії мало помітний.

А от на Юпітері та Нептуні ця сила впливає на надзвичайно динамічну систему штормів. Як прояв на Юпітері – Велика Червона пляма, яку спостерігають понад 350 років. На Нептуні - максимальна зареєстрована швидкість вітру досягала 600 м/с, що є рекордом для Сонячної системи, а звідси й гігантські шторми на цій планеті [7].

Висновок. Вважаю, що сила Коріоліса дає стабільність нашій планеті та природним процесам, які на ній відбуваються. Сила Коріоліса має значний вплив на процеси які відбуваються на залізницях, на морях і океанах та в атмосфері Землі. Вона діє також на інших планет Сонячної системи.

Цю силу вивчають та враховують військові, інженери, залізничники, пілоти, будівничі гідравлічних споруд, екологи та працівники багатьох інших професій. Її

врахування є необхідним для влучності пострілів та точності роботи безпілотників. Це є особливо важливим у час визвольної війни проти рапшиської загарбницької навали, яка плюндрує нашу рідну землю.

Мене турбує винайдення, виготовлення та можливість широкомасштабного застосування ядерної зброї. Це може привести до знищення всього живого на Землі та навіть самої планети Земля. **Нелюди схаменіться!**

Список використаних джерел:

1. Сили інерції. URL: <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=272&chapterid=745>
2. Сила Коріоліса. URL: <http://fizika.dp.ua/про-силу-інерції>
3. Гаспар-Гюстав Коріоліс URL: <https://rus.team/people/gaspar-gyustav-koriolis>
4. Прояв сили Коріоліса на річках України URL: <https://prezi.com/p/odlyosgl9dnh/presentation/>
5. Цікаві факти про Південний Буг і краєвиди річки на Вінниччині. Фото України. URL: <https://ua-news.in.ua/cikavi-fakti-pro-pivdennii-byg-i-kraevidi-richki-na-vinnichchini-foto/>
6. Сила Коріоліса на річках України URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-na-temu-proyavi-sili-koriolisa-na-richkah-svoe-miscevosti-258357.html>
7. Дії сил Коріоліса на планетах сонячної системи URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/koriolisovo-uskorenie-i-ego-vliyanie-na-kosmicheskie-obekty/viewer>

CORIOLIS FORCE ON EARTH AND IN SPACE

Viktorija Veshtak - member of the Vinnytsia RCTCSY astronomical circle.

The article deals with the study of the Coriolis force and its discovery by Gaspar-Gustav Coriolis. About what this force is on Earth and in space.

Key words: Coriolis force, Gaspar-Gustav Coriolis, reference systems, inertia, inertia force.

ТИТАН – ЗАГАДКОВИЙ СУПУТНИК САТУРНА

Ілля Гончар - гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ.

Роботу присвячено аналізу, вивченню та систематизації наукових матеріалів про дослідження найбільшого супутника Сатурна – Титана.

Титан з усіх космічних тіл найбільше привертає до себе інтерес вчених. Мене зацікавила наукова позиція, що створення людських колоній на цьому супутнику є більш перспективною, ніж спроби колонізувати Місяць або Марс.

Ключові слова: супутник, Сонячна система, планета, атмосфера, кріовулкани, орбіта.

Під час навчання в астрономічному гуртку Вінницького ОЦТТУМ, я часто спостерігав у телескоп: Сонце, Місяць, зорі, планети. Але в нашій Сонячній системі є об'єкти, які дуже важко досліджувати за допомогою шкільного телескопу. До таких космічних тіл належить і найбільший супутник Сатурна – Титан. Він єдиний із відомих супутників, що має щільну атмосферу.

Це також єдиний об'єкт, окрім Землі, на поверхні якого було знайдено чіткі ознаки постійних водойм, утім, заповнених не водою, а рідкими вуглеводнями [1].

На вечірньому весняному небі 2023 року Сатурн не видно, бо він у західній елонгації, тому ховається під горизонт раніше Сонця, а от вранці це можливо, але не довго, бо він губиться у світанковому світлі.



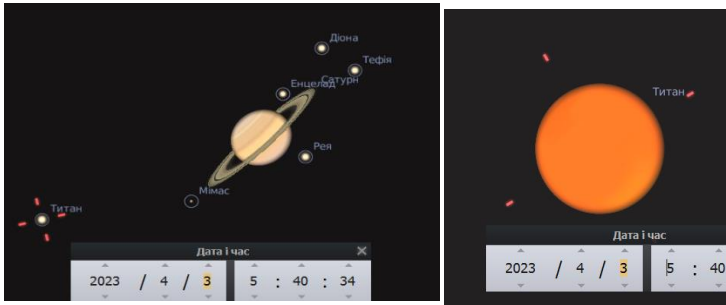


Рис. 1. Спостереження Сатурна та його найбільшого супутника – Титана у віртуальному планетарії «Stellarium»

Що нам відомо про Титан?

Титан став першим відомим супутником Сатурна, його діаметр — 5150 км. Він більший, ніж планета Меркурій, хоча й поступається їй за масою

Відкрив його нідерландський фізик, механік, математик і астроном, Хрiстiан Гюйгенс у 1655 році (рис. 2) [2].

У Титані зосереджено 95% маси всіх супутників Сатурна.

Рис. 2. Фото Хрiстiана Гюйгенса



Завдяки своїй значній масі (1/4000 маси Сатурна, що вдвічі більше за масу Місяця) Титан впливає на рух інших супутників Сатурна, зумовлює збурення їхніх орбіт. Сила тяжіння на ньому становить приблизно одну сьому від земної. Радіус орбіти Титана складає 1 221 870 км (20,3 радіусів Сатурна).

Тиск біля поверхні приблизно в 1,6 разів перевищує тиск земної атмосфери. Температура — мінус 170⁰С — 180⁰С. Це єдиний супутник, поверхню якого через хмари не можливо спостерігати у видимому діапазоні [3].

Дослідження Титану

Спостереження та вивчення Титану, до того як 1979 року його досліджував космічний апарат «Піонер-11» з орбіти Сатурна, проходило дуже повільними темпами. Важливим відкриттям стало відкриття Джерардом Койпером 1944 року його атмосфери [4].

Про що розповіли «Піонер 11» та «Вояджер-1»?

Першим космічним апаратом (КА), що пролетів біля Титана, став «Піонер-11», призначений для вивчення Юпітера і Сатурна. 1 вересня 1979 року станція передала на Землю п'ять світлин Титану. «Піонер-11» пройшов на відстані 353 950 км від супутника.

Важливі дослідження були виконані апаратом «Вояджер-1». 12 листопада 1980 року станція пройшла на відстані 5 600 км від Титану, проте отримані знімки не дозволили розрізнити будь-які деталі поверхні через серпанок в його атмосфері.

«Вояджер-1» зміг вивчити лише склад атмосфери і визначити основні дані, такі як маса і розмір, а також уточнив його орбітальний період [3].

Перші фотографії Титана зроблені орбітальним телескопом «Хаббл»

Вони були отримані у 1990-х роках і показали структуру поверхні супутника. На знімках, зроблених в інфрачервоному діапазоні, було видно метанові хмари та органічний смог в атмосфері Титана (рис. 3).

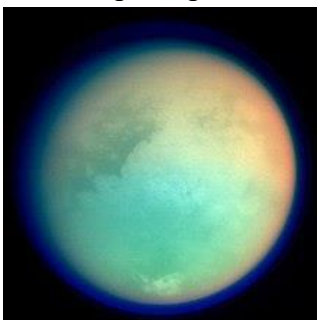


Рис. 3. Мультиспектральний знімок Титана. Світла область у центрі — «материк» Ксанаду [3]

Дослідження зроблені зондом «Кассіні-Гюйгенс»

15 жовтня 1997 року з мису Канаверал було запущено апарат Кассіні — Гюйгенс, створений спільно NASA, Європейським космічним агентством та Італійським космічним агентством (рис. 4). Він був створений для вивчення системи Сатурна і, зокрема, його супутника Титана. «Кассіні» є першим штучним супутником Сатурна.

Рис. 4. Фото Кассіні-Гюйгенс



Перший раз він пролетів біля Титана 26 жовтня 2004 року на відстані лише 1200 км від поверхні.

Земний посланець - КА Гюйгенс прититанився 14 січня 2005 року. Титан є найвіддаленішим від Землі небесним тілом, на яке здійснив посадку космічний зонд. На радіолокаційних світлинах, зроблених «Кассіні» можна побачити складну структуру поверхні Титана (рис. 5) [3].

Рис. 5. Зображення Гюйгенса з поверхні Титана - єдине зображення з поверхні тіла розташованого далі, ніж Марс

Видно рівнину, покриту дрібними скелями та галькою, які складаються з водяного льоду.

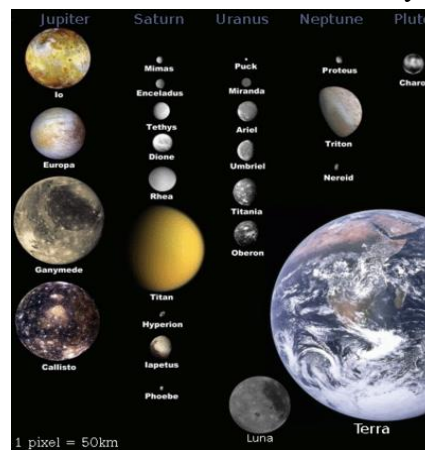
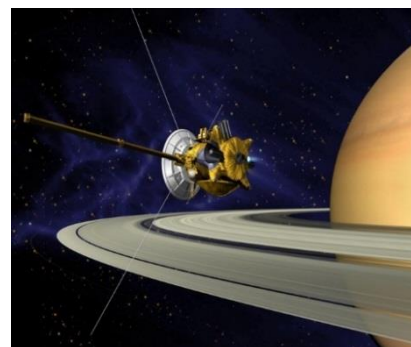
Титан має діаметр 5152 км і є другим за розміром супутником у Сонячній системі, після супутника Юпітера Ганімеда [4].

Радіус орбіти Титана становить 122 187 км (20,3 радіуса Сатурна), тому, він розташовується поза кільцями Сатурна.

Повний оберт навколо Сатурна Титан робить за 15 діб, 22 години і 41 хвилину із середньою швидкістю 5,57 км/с.

Діаметр Титана, а також його густина і маса схожі до відповідних параметрів супутників Юпітера — Ганімедом і Каллісто Титан має приблизно на 50 % більший радіус, ніж у Місяця і на 80% більшу масу. Він перевершує за розмірами Меркурій, хоча і поступається йому за масою (рис. 6) [3].

Рис. 6. Порівняльні розміри найбільших супутників та Землі



Прискорення вільного падіння на його поверхні приблизно у сім разів менше, ніж на поверхні Землі. Титан майже наполовину складається з водяного льоду і наполовину — з кам'янистих матеріалів. Такий склад подібний до деяких інших великих супутників газових планет: Ганімеда, Каллісто, Тритона.

Атмосфера Титану

Атмосфера Титана має товщину близько 400 кілометрів і містить кілька шарів вуглеводневого «смогу». Через це Титан є єдиним супутником у Сонячній системі, поверхню якого неможливо спостерігати в телескоп

Близько 98,4 % атмосфери складає азот. Таким чином, Титан і Земля — єдині тіла в Сонячній системі, які мають щільну атмосферу з переважним вмістом азоту (розріджені азотні атмосфери мають Тритон і Плутон). У невеликих кількостях наявні метан та аргон, які переважають в основному у верхніх шарах атмосфери, де їхня концентрація досягає 43 %. Є також сліди етану, ацетилену, діацетилену, метилацетилену, ціаноацетилену, пропану, вуглекислого газу, чадного газу, ціану, гелію. Практично відсутній вільний кисень (рис. 7) [3].

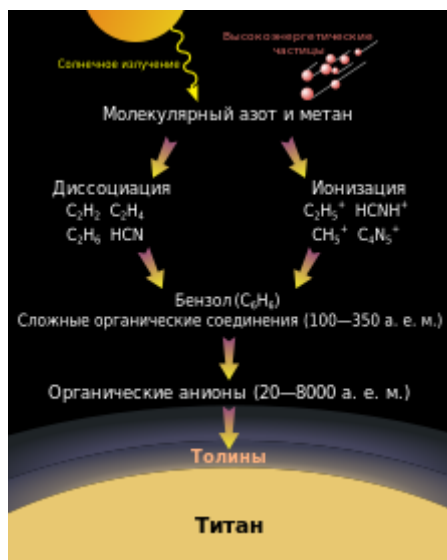


Рис. 7. Утворення толінів — складних органічних молекул з великою молекулярною масою у верхній атмосфері Титана, на висоті ~1000 км

Одним із можливих джерел метану може бути вулканічна активність [3].

Поверхня Титану

Поверхня Титану, сфотографована «Кассіні» в різних спектральних діапазонах, у низьких широтах поділена на декілька світлих і темних областей з чіткими межами.

В районі екватора на ведучій півкулі розташований світлий регіон розміром як Австралія (видимий також на інфрачервоних знімках телескопа «Габбл»). Він отримав назву Ксанаду (англ. Xanadu) (рис. 8) [4].

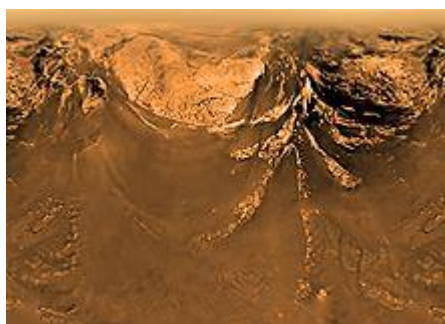


Рис. 8. Гірська гряда на Титані з висоти 10 км (радіоспектральний знімок із зонда «Гюйгенс»)

Метанові річки й озера

У 1995 році дані телескопа «Габбл» та інші спостереження дозволили безпосередньо обґрунтувати існування рідкого метану на поверхні у вигляді окремих озер чи навіть океанів подібно до земних [3].

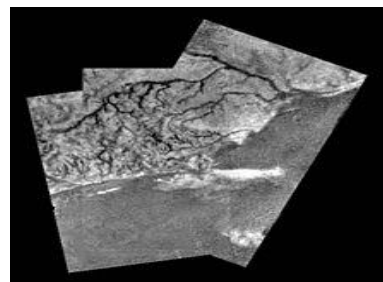
У березні 2007 року «Кассіні» виявив в районі північного полюса декілька гігантських озер, найбільше з яких (Море Кракена) має довжину 1000 км і за площею сумірне з Каспійським морем, ще одне (море Лігеї) при площі 100 000 км² більше за будь-яке прісноводне земне озеро (рис. 9).



Рис. 9. Моря й озера у північній полярній області Титана (за радарними знімками космічного апарату «Кассіні»)

У червні 2012 року астрономи, вивчаючи знімки, зроблені «Кассіні» з 2004 по 2008 роки, виявили метанове озеро глибиною 1 м у пустельній екваторіальній області Титана (рис. 10) [3].

Рис. 10. Русла метанових річок на поверхні Титана (мозаїка із трьох знімків посадкового апарату «Гюйгенс» в момент зниження)



Кріовулкани та гіпотеза існування підповерхневого океану

На Титані наявні чіткі ознаки вулканічної активності. Однак, при схожості форми і властивостей вулканів, на супутнику діють не силікатні вулкани, як на Землі чи Марсі й Венері, а так звані кріовулкани, які, скоріш за все, вивергаються водно-аміачною сумішшю з домішкою вуглеводнів (рис. 11) [3].

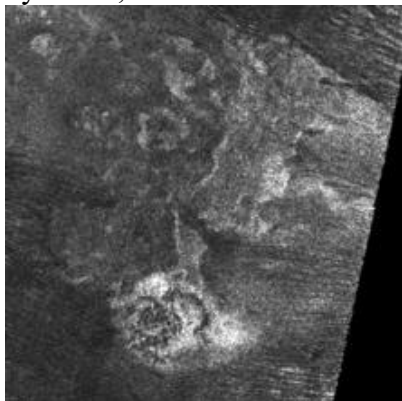


Рис. 11. Радарне зображення ймовірного кріовулкана — гори Дум з патерою Сотра і потік Мохіні

Існування вулканізму почали припускати після виявлення в атмосфері аргону-40, який утворюється при розпаді радіоактивних речовин. Пізніше «Кассіні» зареєстрував потужне джерело метану, яке ймовірно є кріовулканом. Оскільки на поверхні супутника досі не було знайдено жодного джерела метану, здатного підтримувати постійну кількість речовини в атмосфері, то тепер вважається, що основна частина всього метану походить з кріовулканів [3].

Що побачив Джеймс Вебб на Титані?

Вчені наголошують, що вони роками чекали, аби використати інфрачервоне "бачення" Вебба для вивчення атмосфери супутника Сатурна (рис. 12) [4].

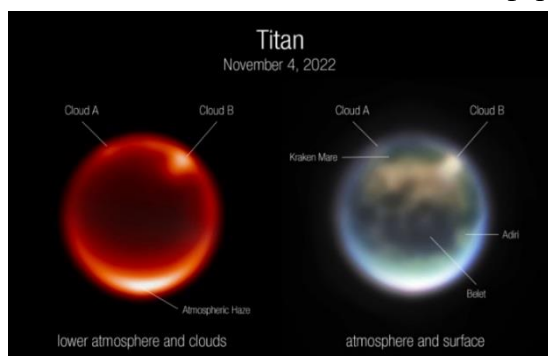
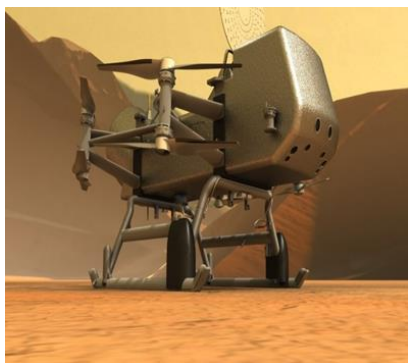


Рис. 12. Зображення Титана, зроблені космічним телескопом Джеймса Вебба 4 листопада 2022 року.

Зліва: зображення з використанням F212N, 2,12-мікронного фільтра, чутливого до нижніх шарів атмосфери Титана. Яскраві плями – це помітні хмари у північній півкулі. Праворуч: кольорове складене зображення з використанням комбінації фільтрів. Фото: NASA [4]. Член команди дослідників Себастьян Родрігес з Universite Paris Cité першим побачив нові зображення, після чого заявив: "Це просто надзвичайно! Мені здається, ми бачимо хмару!" [4].

NASA відправить дослідницький гелікоптер на супутник Сатурна

Титан - один із найзагадковіших світів нашої Сонячної системи, тому NASA хоче ретельно його вивчити. Для цього у 2027 році на Титан вирушить апарат Dragonfly, який досягне поверхні супутника Сатурна у 2034 році, пише ScienceAlert [5].



Космічний апарат Dragonfly має приземлитися серед піщаних дюн у регіоні поблизу екватора Титану, який називається Шангрі-Ла, неподалік кратера Селк (його діаметр становить 90 км) (рис.13) [5].

Рис. 13. Космічний апарат Dragonfly. NASA

Літальний апарат нагадує вертоліт, який має 8 лопатей завдовжки близько 1 метра. Вага апарату складатиме приблизно 450 кг. Dragonfly зможе розвивати швидкість в атмосфері Титану до 36 км/год.

Космічна місія майбутнього - субмарина у «водах» Титана

Агенство NASA поділилося планами по відправці до найбільшого супутника Сатурна підводного човна, призначеного для дослідження вуглеводневих морів. Космічна місія може бути проведена приблизно до 2040 року (рис. 14) [6].



Рис. 14. Субмарину доставить на Титан космічний корабель NASA [6] (художнє зображення)

Титан поступово віддаляється від своєї планети

До цього часу вчені знали, що орбіта Титана поступово розширюється. Аналогічним чином Місяць щороку відлітає трошки далі від Землі. Але нове дослідження, опубліковане в журналі Nature, виявило, що Титан віддаляється від Сатурна на 10 сантиметрів щороку. А це в 100 разів швидше, ніж вважалося раніше (рис. 14) [7].

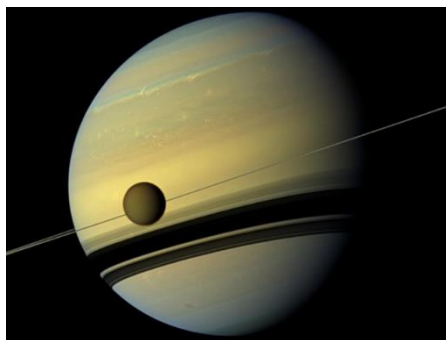


Рис. 14. Титан поступово віддаляється від Сатурна

Спираючись на нові дані, вчені стверджують, що Титан спочатку обертався навколо планети-господаря на значно ближчій орбіті. Але за 4,6 мільярди років він відійшов на нинішню відстань в 1,2 мільйона кілометрів. Це вказує на те, що вся система Сатурна розширювалася швидше, ніж передбачали всі попередні наукові моделі.

Висновок. З часів відкриття Титана Хрiстiаном Гюйгенсом до сьогодні промайнуло 368 років. Що нам вiдомо про нього? Одночасно дуже багато i майже нічого напевне.

Через свою вiддаленiсть вiд Землi i наявнiсть щiльної атмосфери, що приховує його поверхню, бiльшiсть наукових досліджень мають гiпотетичний характер [1]. Проте, є дані, в яких ми не можемо сумнiватись i якi, на мою думку, стануть надiйним фундаментом для сучасних досліджень та реалiзацiї майже фантастичних проектiв, про якi не можна було i мрiяти ще минулим поколiнням вчених та астрономiв.

До таких проектiв належить колонiзацiя Титана [1].

Як вiдзначає Майкл Анiсiмов, футуролог, засновник руху: «За прискорення майбутнього»: «Титан має всi основнi елементи необхіднi для життя — вуглець, водень, азот i кисень. Його колосальнi запаси вуглеводнiв могли б служити вiдмiнним джерелом енергiї для потенцiйних колонiстiв, яким не потрiбно буде турбуватися про космiчне випромiнювання завдяки щiльнiй атмосферi [1].

Випромiнювання радiацiйного поясу Сатурна значно м'якше, нiж Юпiтера. Атмосфера Титана настiльки щiльна, що польоти над Титаном стануть основним способом пересування. Тиск такий, який вiдчувають на собi дайвери на глибинi 5 метрiв пiд водою. Разом з температурою — це вимагає використання скафандрiв.

Ще одна проблема — наявнiсть в атмосферi цiанiстого водню, який може вбити людину за кiлька хвилин навiть при таких низьких концентрацiях. Однак це не заважає Титану вважатися найперспективнiшою цiллю колонiзацiї у зовнiшнiй Сонячнiй системi» [1].

Мені імпонує наукова позиція: якщо тривалий час інвестувати в науку, в космічні подорожі, удосконалювати двигуни і технології протирадіаційного захисту, то, можливо, колись люди зможуть стати титанцями. Вважаю, що це так, адже роботи вивчатимуть Титан вже в недалекому майбутньому.

Наголошую: Ми – люди - є землянами і наша основна місія – збереження і забезпечення нашого життя і життя майбутніх поколінь на прекрасній, єдиній у всьому Всесвіті і Сонячній системі населеній планеті Земля.

**Не дамо ворогу знищити рідну Україну, не дамо можливості нас поневолити!
Слава Україні!**

Список використаних джерел:

1. Колонізація Титану. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Колонізація_Титану
2. Фото Христіана Гюйгенса. URL: <http://www.astrosvit.in.ua/astronomy-svitu/guygens-khristiyan>
3. Титан (супутник) Вікпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Титан_\(супутник\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Титан_(супутник))
- 4.Телескоп Вебба зафіксував «надзвичайні» хмари в атмосфері супутника Сатурна. URL: <https://root-nation.com/ua/news-ua/it-news-ua/ua-teleskop-vebba-zafiksuvav-nadzvichayni-hmari-v-atmosferi-sputnika-saturna/>
5. NASA відправляє дослідницький гелікоптер на супутник Сатурна Титан. URL: <https://focus.ua/uk/technologies/531840-nasa-otpravlyayet-issledovatel'skiy-vertolet-na-sputnik-saturna-titan-kogda-i-gde-on-prizemlitsya>
6. У NASA показали підводний човен, який зануриться у води Титана в 2040 році. URL: <https://www.unian.ua/science/1042967-u-nasa-pokazali-pidvodniy-choven-yakiy-zanuritsya-u-vodi-titana-v-2040-rotsi-video.html>
7. Супутник Сатурна Титан поступово віддаляється від своєї планети – дослідження. URL: <https://www.unn.com.ua/uk/news/1874940-sputnik-saturna-titan-postupovo-viddalyayetsya-vid-svoyeyi-planeti-doslidzhennya>

TITAN IS MUSTERIOUS SATELLITE OF SATURN

Ilyia Honchar - is a member of the RCTCSY astronomical circle.

This work is devoted to the analysis, study and systematization of scientific materials on the study of the largest satellite of Saturn - Titan.

From all the cosmic bodies, Titan attracts the interest of scientists the most. I was interested in the scientific position that the creation of human colonies on this satellite is more promising than attempts to colonize the Moon or Mars.

Keywords: satellite, Solar system, planet, atmosphere, cryovolcanoes, orbit.

ДОСЛІДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ

МІСІЯ ВОЯДЖЕРА В ДОСЛІДЖЕННІ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Владислав Міщенко – студент 2 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М. Коцюбинського
Артем Журжа – студент 2 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М. Коцюбинського
Віталій Дріма – студент 2 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М. Коцюбинського
Регіна Бережна – студентка 2 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М. Коцюбинського
Анастасія Дмитренко – студентка 2 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М. Коцюбинського

У статті розглядається основні результати космічної програми NASA «Вояджер» та етапи проходження цих досліджень.

Ключові слова. Вояджер, планети, космічні апарати, подорож.

"Вояджер" [1] - це назва космічної програми NASA та двох американських космічних зондів - Voyager 1 і Voyager 2, які були запущені ракетами Titan 3E (Centaur) в рамках цієї програми. Запуск "Вояджер-1" відбувся 5 вересня 1977 року. Спочатку політ був повз Юпітер у березні 1979 року і біля Сатурна в листопаді 1980 року. «Вояджер-2» був запущений раніше, 20 серпня 1977 року, і пролетів повз Юпітер у липні 1979 року, біля Сатурну – у серпні 1981 року, Урану він облетів у січні 1986 року та Нептуну – у серпні 1989 року. Такі орбіти були вибрані з розрахунку, що дозволяло використовувати багато гравітаційних маніпуляцій. Маневрування в гравітаційному полі планети-гігантів дозволило їм облетіти навколо планети і над геліосферою з мінімальними витратами палива на розгін.

Кожен з цих зондів оснащений низькою наукових приладів та інструментів, які можуть досліджувати Сонячну систему з різної точки зору. Спочатку місія мала на меті дослідити головні планети Сонячної системи - Юпітер і Сатурн, кільця Сатурну. Однак "Вояджер" продовжує літати і досліджувати інші планети та їхні супутники, зокрема Уран, Нептун і їхні супутники.

12 вересня 2013 року, коли NASA офіційно підтвердило, що "Вояджер" [2] вийшов у міжзоряний простір за межі геліосфери, значна кількість ЗМІ помилково оголосила, що "Вояджер" залишив Сонячну систему. Але це не так. Сонячна система — це сфера в космічному просторі, де гравітація Сонця домінує над гравітацією будь-якої іншої зорі, а геліосфера — це набагато менша сфера всередині Сонячної системи, де сонячний вітер переважає над випромінюванням будь-якого іншого космічного об'єкта. Вихід за межі Сонячної системи може статися лише через 30 тисяч років. На даний момент "Вояджер" подолав лише 1/7 відстані до карликової планети Седна, яка знаходиться на відстані 250 років подорожі. Основна частина хмари Оорта знаходиться на відстані 1-2 світлових роки від Сонця.

На сьогоднішній день "Вояджер-1" і "Вояджер-2" [1-3] є найвідомішими і найуспішнішими космічними дослідницькими місіями в історії, і вони продовжують подорожувати космосом. "Вояджер-1" і "Вояджер-2" передали на Землю безліч даних і фотографій, які допомогли нам краще зрозуміти нашу Сонячну систему та навколишній всесвіт.

Особливо вражаючі зображення були отримані з перших детальних знімків планети Юпітер, які показали складну структуру планети з різними бурями та хмарами. Крім того, «Вояджер» допомагав вивчати супутники газових гігантів, таких як Європа, Ганімед, Титан та Енцелада, та показав складне кільця Сатурна та Урана з різноманітними

структурами та формами. Космічні апарати (КА) також дозволили вивчити магнітні поля планети, їх атмосферу та клімат, а також відкрити різноманітні прояви на їхніх поверхнях. Загалом, дослідження, проведені "Вояджером", дали змогу глибше зрозуміти Сонячну систему та навколишній всесвіт [4,5].

Зустріч з Юпітером (рис 1.1). КА «Вояджер» досягнув Юпітера в 1979 році і зробив близько 50 000 знімків, якість яких, за даними НАСА, значно перевершувала найкращі зображення із Землі. Ці знімки відкрили важливі факти про атмосферу, магнетизм та геологію цієї гігантської планети, які було б складно дослідити іншими способами.



Рис. 1.1. Юпітер

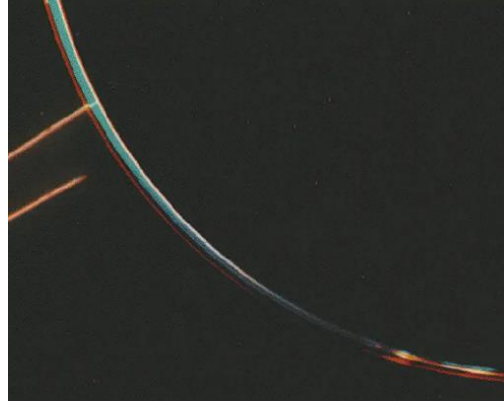


Рис.1.2. Юпітер у світлі Сонця

У березні 1979 року КА "Вояджер-1" озірнувся на Юпітер у світлі Сонця і зробив перші знімки тонкої, блідої кільцевої системи Юпітера (рис 1.2).



Найбільшим відкриттям, яке зробив "Вояджером-1", стала вулканічна активність на одному з супутників Юпітера. На поверхні Іо спостерігається самий інтенсивний вулканізм (рис 1.3), який був зафіксований космічним апаратом.

Рис. 1.3. Іо

Сатурн (рис 2.1). У листопаді 1980 року "Вояджер-1" наближався до Сатурна, зафіксувавши супутники гіганта, перш ніж покинути Сонячну систему і помчати в невідомість. У 1981 році його двійник, "Вояджер-2", досягає гігантського газового гіганта. Після успіху свого попередника НАСА змінило програму зонда. КА провів дослідження біля Сатурна, пролетів повз Уран у 1986 році і досяг Нептуна в 1989 році.

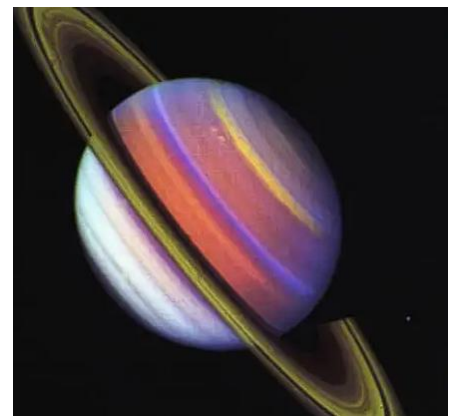
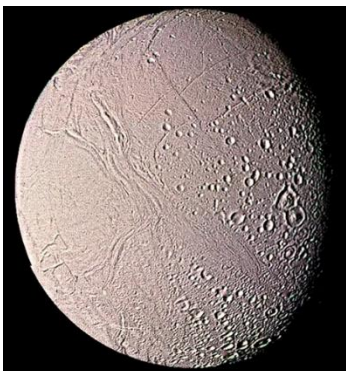


Рис. 2.1. Сатурн



26 серпня 1981 року "Вояджер-2" зробив найдетальніший знімок найяскравішого об'єкта Сонячної системи (рис 2.2) та одного з найменших супутників Сатурна - Енцелада.

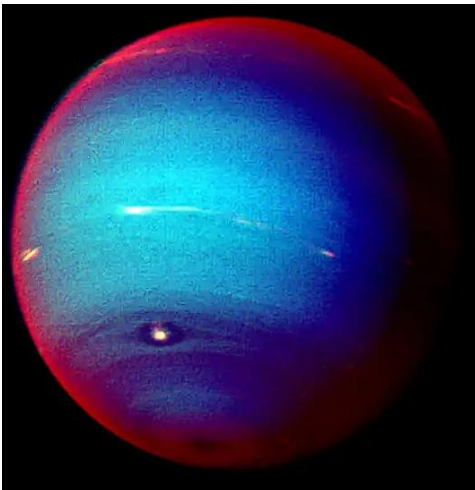
Рис. 2.2. Енцелада

Уран. «Вояджер-1» здійснив подорож, не відвідавши жодної планети на своєму шляху, покинувши геліосферу і ввійшовши в міжзоряний простір у 2012 році. Але він «Вояджер-2», продовжуючи дослідження невідомих планет, 24 січня 1986 року пройшов повз Уран на відстані близько 81 500 км (рис. 3.1). Він виявив, що планета має не менше 11 кілометрів замість дев'яти, і показав ще два кільця. Нині відомо, що існує 13 кілець, із двома зовнішніми, які були відкриті телескопом Хаббл у 2003-2005 роках.



Рис.3.1. Уран

Нептун. 25 серпня 1989 року "Вояджер-2", після 12 років польоту, пролетів повз Нептун на відстані близько 4 828 км, ставши першим і єдиним космічним апаратом, який спостерігав Нептун з такої близької відстані. Фотографії, зроблені «Вояджером-2», показують Нептун у штучних кольорах, де червоний і білий кольори позначають сонячне світло, що проходить крізь багату метаном атмосферу (рис 4.1). «Вояджер-2» – перший і поки що єдиний КА, який досяг Урана та Нептуна.



У 1989 році "Вояджер-2" не зробив жодної фотографії. Камеру було виключено після проходження Нептуна. НАСА хотіла зберегти енергію для інших інструментів.

Рис. 4.1. Нептун

Однак у 1990 році "Вояджер-1" знову нагадав про свою присутність. Останнім «привітанням» зонду стала серія з 60 зображень Сонячної системи, які зроблені з відстані близько 6 мільярдів кілометрів. Перший "сімейний портрет" Сонячної системи був створений "Вояджером-1" 14 лютого 1990 року. Це серія з 60 зображень, на яких зображено шість планет

злива направо: Юпітер, Земля, Венера, Сатурн, Уран і Нептун. Марс не видно через розсіяне сонячне світло, що відбивається від камери. Меркурій знаходиться занадто близько до Сонця, а карликова планета Плутон занадто мала і темна, щоб її можна було побачити на знімках.

Хоча космічний апарат "Вояджер" більше не надсилає зображення, він продовжує передавати важливу інформацію: у 2012 році "Вояджер-1" став першим штучним космічним апаратом, який перетнув межу геліосфери. «Вояджер-2» став другим КА, перетнувши її 5 листопада 2018 року.

Здобутки місії “Вояджер” [1,5].

- Відкриття активного вулкана на поверхні Іо – перший знайдений позаземний вулкан.
- Відкриття кілець Юпітера, подібних до кілець Сатурна.
- Дослідження магнітних полів у космосі.
- Дослідження космічних променів.
- Дослідження плазмових хвиль.
- 1983 рік — «Вояджер-1» обігнав за віддаленістю від Сонця космічний зонд «Піонер-11», ставши другим найвіддаленішим від Землі КА.

– Березень 1988 року — приблизно цієї дати, за підрахунками, космічний зонд «Вояджер-2» за віддаленістю від Сонця обігнав космічний зонд «Піонер-11», ставши третім найвіддаленішим від Землі КА.

– 17 лютого 1998 року «Вояджер-1» віддалився на найбільшу відстань від Землі серед усіх об'єктів, створених людиною, перегнавши космічного зонда «Піонер-10». Тоді він перебував на відстані понад 10,4 млрд км (70 а. о.) від Землі.

– 16 грудня 2004 року «Вояджер-1», а 30 серпня 2007 року «Вояджер-2» перетнули одну з меж Сонячної системи, що називається межею ударної хвилі сонячного вітру), і розташована на відстані близько 100 а. о. від Сонця. Апарати передали інформацію про структуру цієї ударної хвилі.

– Березень 2023 року— космічний зонд «Вояджер-2» віддалиться на відстань приблизно 133,5 а. о. (19,9 млрд км) від Землі та Сонця і стане другим найвіддаленішим серед усіх об'єктів, створених людиною, перегнавши космічного зонда «Піонер-10».

Сьогодні "Вояджер" продовжує надсилати наукові дані та вимірювання. Наприклад, у 2021 році "Вояджер-1" виявив дивовижний шум, який, ймовірно, походить від вібрацій, що створили сусідні зірки. NASA використовує свою антену системи Deep Space Network для забезпечення зв'язку з космічними апаратами на відстані понад 22 мільярдів кілометрів від Землі. Наразі "Вояджер-1" знаходиться на відстані приблизно 153 а.о. від Сонця (одна а.о. - середня відстань між Землею і Сонцем), а "Вояджер-2" - на відстані приблизно 127 а.о. "Вояджер-1" рухається до зірки AC+79 3888 у Великій Ведмедиці, а "Вояджер-2" - до зірки Росс 248 у сузір'ї Лева Волохатого."Вояджер" ставиться до найуспішнішої місії в історії космічних досліджень, і її дослідження допомогли поглибити наше розуміння Всесвіту та Сонячної системи. Вони є символом нашого прагнення досліджувати невідоме і пізнати глибини Всесвіту.

Наразі NASA планує вимкнути більше обладнання, щоб продовжити термін експлуатації зонду до 2030-х років. Однак навіть після того, як усі прилади будуть відключені, зонд продовжить рух вперед, збираючи золотий запас інформації про людство, призначеної для розумного позаземного життя (якщо воно існує).

Список використаних джерел:

1. Вояджер. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Вояджер>
2. Вояджер – 1. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Вояджер-1>
3. Вояджер – 2. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Вояджер-2>
4. Вояджер 40 років у космосі. Головні досягнення.
URL: <https://ua.korrespondent.net/tech/space/3884176-voiadzher-40-rokiv-u-kosmosi-holovni-dosiahnennia>
5. Апарати – Близнюки. URL: <https://thealphacentauri.net/131025/>

THE VOYAGER MISSION IN THE RESEARCH OF THE SOLAR SYSTEM

Vladyslav Mishchenko – 2th year student of the bachelor's degree of VDPU M. Kotsyubynskyi

Artem Zhurzha – 2th year student of the bachelor's degree of VDPU M. Kotsyubynskyi

Vitaliy Drima – 2th year student of the bachelor's degree of VDPU M. Kotsyubynskyi

Regina Berezhna – 2th year student of the bachelor's degree of VDPU M. Kotsyubynskyi

Anastasia Dmytrenko – 2th year student of the bachelor's degree of VDPU M. Kotsyubynskyi

The article examines the main results of NASA's Voyager space program and the stages of these studies.

Keywords. Voyager, planets, spacecraft, travel.

МІСІЯ АПОЛЛО

Денис Трубіцький – студент 2 курсу СВО бакалавр ВДПУ ім. М. Коцюбинського

У цій роботі розглядається космічна місія корабля Аполло 11, в межах якої було проведено першу висадку людей на Місяці, спроби її запламувати та те чи відбуваються польоти на Місяць у сьогоденні.

Ключові слова: НАСА, скафандр, системи життєзабезпечення, холодна війна, фальсифікація.

Місія космічного корабля Аполло 11 є однією з найбільш визначних подій в історії людства. Це була перша місія, яка доставила людину на Місяць, і вона стала проривом в розвитку космічної технології та науки. Місія була запущена 16 липня 1969 року з космодрому Кеннеді в Флориді на космічному кораблі Аполло 11 з трьома астронавтами на борту: Нілом Армстронгом, Едвіном Елдріном та Майклом Коллінсом (Рис.1.). Їх метою було здійснити посадку на Місяць, провести наукові дослідження та зібрати проби ґрунту.

Рис.1. Екіпаж Аполло 11



Космічний корабель складався з трьох модулів: командного, сервісного та лунного модуля. Командний модуль містив кабінку для астронавтів та системи життєзабезпечення, сервісний модуль містив системи живлення та керування, а лунний модуль містив системи посадки та збору проб (Рис.2.).



Рис.2. Аполло 11 на старті

Після декількох днів польоту, космічний корабель Аполло 11 успішно здійснив посадку на Місяць 20 липня 1969 року. Після приземлення астронавти розпочали наукові дослідження та збір проб ґрунту, що стали важливими джерелами інформації для наукових досліджень. Перед посадкою на Місяць він (Армстронг) повинен був зробити ще один рішучий крок. І це була проблема, яку він не міг вирішити. Його окуляри для корекції зору не помістилися під шоломом скафандра [1]. Найбільш вражаючим моментом місії була мить, коли Ніл Армстронг вийшов на поверхню Місяця (Рис.3.) та сказав відому фразу: "Це один малий крок для людини, але великий стрибок для людства". Елдрін приєднався до нього декілька хвилин пізніше.

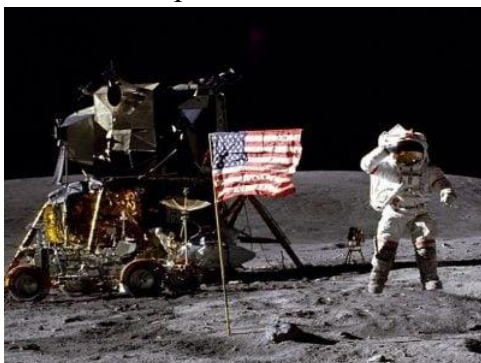


Рис.3. Ніл Армстронг на поверхні Місяця

Уявіть себе на Місяці від першої особи. Ви стоїте на безмежній поверхні, дивитесь на небо, на якому немає жодного хмаринки, а замість неї - зірки, що здаються вам ближчими і яскравішими, ніж будь-коли. Ця місія змінила життя людства та перекинула межі можливого [3]. Вони провели на Місяці близько двох годин та зібрали більше 20 кг проб ґрунту.

Після завершення місії на Місяць, космічний

корабель повернувся на Землю, де успішно приземлився в Тихому океані 24 липня 1969 року. Загалом, місія тривала 8 днів, 3 години та 18 хвилин. Місія Аполло 11 була величезним досягненням для науки та технології. Те, що людина змогла відправитися на Місяць і повернутися з нього живим, змінило сприйняття людства щодо своєї можливості. Технології, що виникли при розробці програми Аполло, сформували нову еру науки та техніки [2]. Вона дозволила людству краще розуміти нашу планету та всесвіт, і зробила значний внесок у розвиток космічної технології. Однак, місія Аполло 11 також мала політичний вимір. Це був час холодної війни, і США вважали, що вони повинні здійснити такий подвиг, щоб відчувати себе більш потужними в очах світу. Таким чином, місія Аполло 11 була також символом американської сили та технологічного лідерства. Після завершення місії на Місяць, космічний корабель повернувся на Землю, де успішно приземлився в Тихому океані 24 липня 1969 року. Загалом, місія тривала 8 днів, 3 години та 18 хвилин.

Прихильники теорії «місячного змови» стверджують, зокрема, що на фотографіях і в кінофільмах про посадки на Місяць є протиріччя, а деякі навіть, що здійснення таких польотів в ті роки було «технічно неможливим». Теорія заявляє, що США пішли на фальсифікацію з міркувань підняття свого престижу через відставання від СРСР в космічних досягненнях на початку 1960-х років [4]. Ще одним аргументом проти того, що місія Аполло 11 була реальна, є те, що зображення, які були зняті на Місяці, можуть бути підробленими. Деякі дослідники вказують на те, що тіні на знімках місії здаються неспівпадаючими або знаходяться в неправильному положенні, що, за їх думкою, свідчить про те, що зображення були підроблені в студії. Також вказують на те, що на деяких знімках можна помітити неявні лінії, що можуть свідчити про обрізку або монтаж зображень. Однак, НАСА стверджує, що всі знімки місії Аполло 11 були зняті на Місяці, і багато науковців підтверджують це, вказуючи на деталі знімків, які не могли бути підробленими в студії" [5].

Не існує наукових доказів того, що місія Аполло 11, під час якої Ніл Армстронг, Базз Олдрін та Майкл Коллінз посадили людей на Місяць, була фальшивою. Технологічні можливості того часу не дозволяли створити таке реалістичне відео, яке б ні на що не натякало. Понад те, існує безліч наукових доказів успішної місії, такі як місячні зразки, які привезли з собою астронавти, які були досліджені та підтверджують, що вони дійсно походять з Місяця. Також були виконані багато експериментів та вимірювань, які підтверджують відвідування Місяця.

Отже, теорії про фальшивість місії Аполло 11 не мають наукового обґрунтування та є лише надуманими твердженнями без доказів.

У сьогоднішні вивчення Місяця залишається актуальним, тому «Американська космічна агенція НАСА оголосила імена чотирьох астронавтів, які увійдуть до складу місії «Артеміда 2». Вона вирушить до Місяця наступного року. До складу місії увійшли



Рис.4. Екіпаж місії «Артеміда 2»

одна жінка і троє чоловіків: американці Крістіна Кох, Віктор Гловер, Рейд Вайзмен і канадець Джеремі Гансен (Рис.4.).

Астронавти стануть першими людьми, які здійснили політ поблизу Місяця за понад 50 років. Вони також будуть першими, хто здійснив політ на борту ракети нового покоління і космічної капсули «Оріон». Екіпаж не приземлиться на Місяць, а здійснить обліт супутника Землі, перевіряючи працездатність «Оріона» [6].

Список використаних джерел:

1. "Перші люди на Місяці" Ендрю Чакін: Ст. 236
2. "Аполлоном-11: польот на Місяць" Грегорі Сміт: Ст. 115
3. "Перші люди на Місяці" Ендрю Чакін: Ст. 238
4. "Місячна змова". URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-49000126>
5. "Місячна повість" Вільям Брайант: Ст. 73
6. Радіо Свобода "Оголошення екіпажу Артеміда 2". URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-nasa-misia-misiats/32347763.html>

APOLLO MISSION

Denis Trubitskiy – 2nd year student of bachelor's program VSPU

This work examines the space mission of the Apollo 11 spacecraft, which carried out the first landing of humans on the moon, attempts to taint it, and whether flights to the moon occur today.

Keywords: NASA, spacesuit, life support systems, cold war, counterfeiting.

КОСМІЧНІ СУПУТНИКИ НА СЛУЖБІ ЛЮДИНИ

Сергій Маковій - гуртківець астрономічного гуртка Вінницького ОЦТТУМ.



У статті йдеться про роль та значення різних видів космічних супутників для людей та науки.

Ключові слова: орбіта, атмосфера, спектр (діапазон), сигнал, спостереження, погода, навігація, зв'язок.

Що таке штучний супутник Землі - ШСЗ?

Штучний супутник — об'єкт, виведений на орбіту Землі чи іншого небесного тіла зусиллями людей. Види штучних супутників:

1. Астрономічні.
2. Біосупутники.
3. Метеорологічні.
4. Мініатюрні – кубсати.
5. Навігаційні.
6. Супутники зв'язку.
7. Супутники спостереження за Землею.
8. Військові супутники [1].

Орбіти виведення супутників поділяються на: геостационарні, сонячно синхронні, полярні, еліптичні (з нахилом до екватора), геосинхронні [2].

Історія ШСЗ

Перший штучний супутник Землі (рис. 1) був запущений на її орбіту 4 жовтня 1957 року Радянським Союзом. Він називався ПС-1 (простий супутник) і був розроблений у конструкторському бюро видатного українського вченого С. П. Корольова.

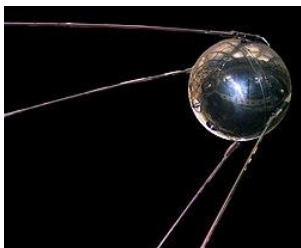


Рис. 1. ПС-1

Це стало початком космічної ери, революційним проривом під час якого ракета вперше здолала силу тяжіння Землі та вивела на її орбіту штучний супутник. У «Супутника-1» не було жодного спеціального обладнання для спостереження – тільки радіопередавач, який регулярно надсилав звичайні сигнали «біп...біп...біп».

Через місяць після нього полетів «Супутник-2» (рис. 2). Це був перший супутник з науковим обладнанням, а також перший біосупутник - апарат який несе в собі живий організм, у цьому випадку пасажиркою була собака Лайка.

Рис. 2. «Супутник-2»



І лише через декілька місяців американці запустили свій перший супутник- «Експлорер-1» (рис. 3).



Він виявив радіаційні пояси навколо Землі (пояси Ван Аллена).

Рис. 3. «Експлорер-1»

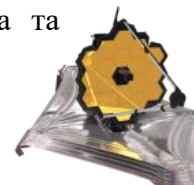
Астрономічні супутники та сонячні обсерваторії

Це космічні апарати які використовуються для астрономічних досліджень та спостережень.

Потреба у використанні таких обсерваторій виникла через те, що земна атмосфера затримує гамма, рентгенівське та ультрафіолетове випромінювання космічних об'єктів, а також більшу частину інфрачервоного випромінювання [3].

Найвідомішими космічними обсерваторіями є телескопи ім. Габбла та Джеймса Вебба (рис. 4).

Рис. 4. Телескопи ім. Джеймса Вебба, ім. Габбла



Найвідоміші обсерваторії для спостереження за Сонцем SDO (Solar Dynamics Observatory) та SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). На рисунку 5 показано зразки зображень Сонця зроблені за допомогою цих обсерваторій.

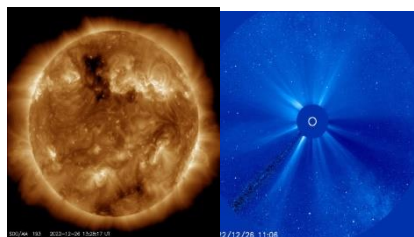


Рис. 5. Фотографії Сонця зроблені обсерваторіями SDO та SOHO

Крім основної задачі — дослідження Сонця — SOHO збрала інформацію про велику кількість комет, в основному дуже малих. На кінець серпня 2020 року їх кількість досягла 4052 комет.

Здебільшого таких результатів людство досягло завдяки праці астрономів-любителів всього світу. Це завдяки тому, що НАСА надає вільний інтернет-доступ до всіх знімків, отриманих з обсерваторії задля вивчення близького космосу [4].

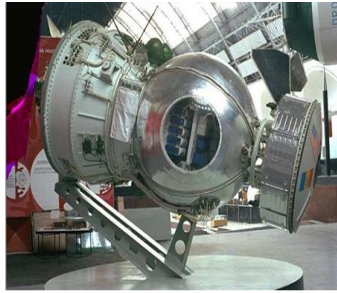
Біосупутник

Біосупутник – це апарат який несе в собі живий організм, призначений для проведення біологічних експериментів (рис. 6).

Спочатку біосупутники конструювалися задля проведення експериментів щодо вивчення впливу космічних польотів на здоров'я живих організмів і, як наслідок, забезпечення безпеки людини для майбутніх пілотованих польотів.

Їх завданням також є дослідження та вивчення:

- ефектів мікрогравітації,
- впливу на організм тривалої невагомості,
- можливостей захисту від космічної радіації, тощо [5].

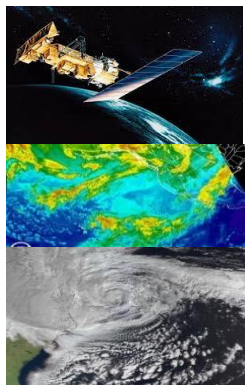


На рисунку 6 зображені приклади біосупутників: ліворуч американський «Біосупутник-3», праворуч радянський «Біон-3».

Рис. 6. «Біосупутник-3» та «Біон-3»

Метеорологічні супутники

Ці ШСЗ призначені для регулярного передавання телевізійних зображень хмарового та льодового покривів Землі на наземні станції (рис. 7). На них також встановлюють датчики радіаційних випромінювань Землі та хмарового покриву, які працюють у різних діапазонах частот, а інші прилади - для аналізу метеорологічних умов.



Інформація, отримана від метеосупутників, використовується для аналізу атмосферних процесів та прогнозів погоди [5].

Рис. 7. Метеосупутник та приклади зображень Землі зроблених метесупутниками

Супутники зв'язку

Це — штучні супутники Землі, спеціалізовані для ретрансляції радіосигналу між точками на поверхні землі, що не мають прямої видимості (рис. 8).



Рис. 8. Супутник зв'язку Sentinel-1

Супутник зв'язку, приймає сигнали наземних станцій, спрямованих на нього та надсилає назад на Землю.

Зона, в якій можливий прийом супутникового сигналу, називається зоною покриття (рис. 9).



Рис. 9. Зона покриття супутника Starlink

Більшість супутників мають кілька радіопередавачів - транспондерів, кожен з яких покриває певну смугу частот.

Транспондери розрізняються поляризацією і діапазоном (С або К_u) з якими вони працюють. Супутники розміщуються в трьох зонах (рис. 10), обумовлених існуванням радіаційних поясів Землі - поясів Ван Аллена.



Рис. 10. Схема розміщення супутників на геостационарній орбіті

Недоліки супутникового зв'язку

1. Висока латентність (затримка) сигналу, обумовлена часом проходження електромагнітною хвилею відстані до орбіти супутника.
2. Неминучість періодичної інтерференції сигналу при перетині супутником лінії: Наземна станція — Сонце.
3. Необхідність стеження наземною станцією за супутниками, які мають негеостационарні орбіти.

На сьогодні на орбіті Землі діє багато супутників зв'язку різних угруповань: Iridium, Globalstar, «Молния», «Тундра», Starlink, OneWeb.

Навігаційні супутники

Це — ШСЗ, призначені для забезпечення навігації у просторі. Кожного дня мільйони людей знаходять дорогу, ведуть навігацію за допомогою супутникової системи навігації, а саме GNSS (Global Navigation Satellite System).

Принцип роботи GNSS

На круговій орбіті землі знаходяться супутники системи GPS. Обертаються вони нижче геостаціонарної орбіти, приблизно на висоті 20 200 км над рівнем моря. Якщо сформувати сферу із “області можливого положення” радіусом із відстані до супутника, яку отримаєм за допомогою формули $l = (t_2 - t_1) \times c$, можна передбачити, де ми, можливо, знаходимось (рис. 11). Де l - відстань до супутника, t_2 - час отримання сигналу від супутника, t_1 - час відправки сигналу на супутник, c - швидкість поширення радіохвилі.

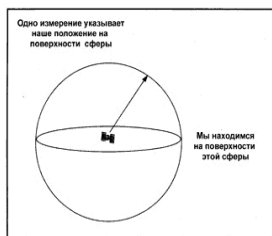
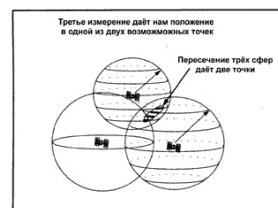


Рис. 11. Сфера “області можливого положення” супутника

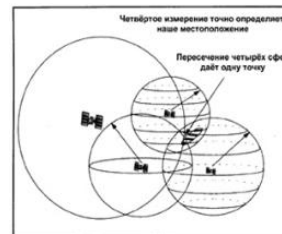
Та цього недостатньо. Отож, добавимо іще 2 супутники, і отримаємо перетин сфер, які дадуть точне положення із тими самими координатами на смартфоні (рис. 12).

Рис. 12. Перетин сфер 3 супутників



Та не все так просто. Пам'ятаєте, мова йшла про час при розрахунках. Так ось: наші годинники в телефоні недостатньо точні для таких вимірів (на супутнику використовують високоточні атомні годинники, до речі, уповільнені у зв'язку із затримкою часу на супутниках). В хід вступає четвертий супутник (рис. 13), який допоможе скоригувати результат і дасть точне розташування.

Рис. 13. Система з 4 супутників GPS



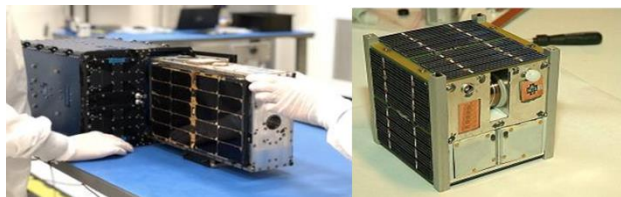
Дані отримуються із затримкою в 14-15 хвилин. Так довго, тому що супутник передає цілий пакет важливих даних.

Незалежні аналоги GPS у світі

Як відомо, супутники GPS родом із США. Проте, на орбіті крутяться не лише вони. Також у різній кількості обертаються супутники таких систем як:

1. BEIDOU – Китай
2. Galileo – Європа
3. Глонасс – Росія [8].

Кубсати



CubeSat (англ. Cube Satellite) — тип малих супутників для космічних досліджень із стандартизованим об'ємом 10 см³ та не важче 1,33 кг (рис. 14).

Рис. 14. Кубсати

Найменший можливий розмір кубсату – куб з ребром 10 см. Згодом такий розмір став стандартом і його почали використовувати як одиницю вимірювання розміру кубсатів – юніт (U). Тобто, один юніт (1U) – це куб розміром 10×10×10 см. Допускається поєднання юнітів в один цілісний

космічний апарат. Тоді, наприклад, супутник, що складається з трьох кубів буде мати розмір три юніти (3U) (рис. 15).

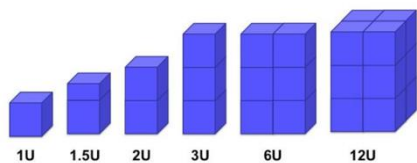


Рис. 15. Класифікація кубсатів за розмірами

Переваги над звичайними космічними апаратами очевидні – вони набагато дешевші, простіші у виготовленні та запускаються разом із основним вантажем, що робить запуск дешевим, а отже, доступним для простих людей [9].

Супутники дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) - спостереження поверхні Землі авіаційними та космічними засобами, оснащеними різними видами знімальної апаратури (рис. 16).

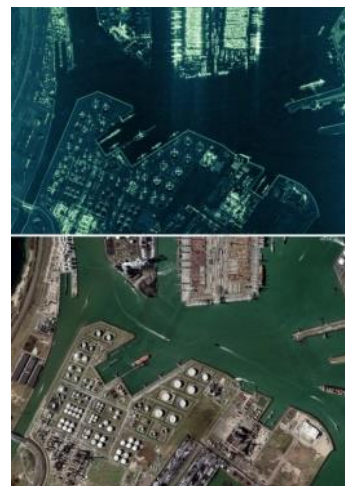


Рис. 16. Приклади супутників ДЗЗ.

Залежно від знімальної системи, встановленої на космічному супутнику дистанційного зондування Землі, виокремлюють два типи отримання геопросторових даних: оптико-електронне знімання і радарне знімання (рис. 17).

Дистанційне зондування найчастіше застосовується в сільському господарстві, геодезії, картографуванні, моніторингу поверхні землі та океану, а також шарів атмосфери.

Рис. 17. Порівняння двох знімків зроблених супутниками ДЗЗ у радіо (зверху) та оптичному (внизу) діапазоні.



Зараз використовуються наступні супутники ДЗЗ: WorldView, DMC, Gaofen, KeyHole, ICEYE, Махаг, а також українські супутники «Океан-О», «Січ-1М», «Січ-2-30» та EOS SAT-1 [10].

Військові супутники

Це супутники, які використовуються для військових цілей. Їх можна розділити на декілька категорій.

1. Супутники для збору розвідувальних даних, щодо знаходження, переміщення військових, техніки, укріплень (рис. 18). Такі супутники оснащені потужною фото або радіо апаратурою з високою роздільною здатністю (деталізацією).

Рис. 18. Американський розвідувальний супутник КН-11



2. Супутники для передачі інформації в реальному часі. Вони використовуються для здійснення коректування артилерії, ракет, наведення літаючих апаратів (безпілотних апаратів, літаків, гвинтокрилів) для вогневого ураження.

3. Супутники системи попередження про ядерний удар.

Окремі супутники виконують функцію підтримання зв'язку між військовими організаціями (у тому числі різних країн) для кращої координації спільних дій.

Супутники на службі України

Слід відзначити, що під час війни в Україні використовується багато різних супутникових об'єднань. Наприклад, для отримання розвідувальних даних про пересування та розміщення військових сил супротивника використовуються супутники сузір'їв Махар і ІСЕУЕ, а також американських та англійських військових супутників. А для швидкого зв'язку та координації дій наші військовій використовують Starlink.

Висновок. З кожним роком науково-технічний прогрес потребує залучення масштабних інвестицій як з боку державних програм, так і приватного капіталу. Це дозволяє здійснювати подальшу модернізацію супутників та відкривати нові горизонти досліджень, а також приносить доволі високі прибутки (прикладом є компанія Ілона Маска «SpaceX»).

Розвиток зазначеної космічної галузі призводить до паралельних досліджень та розвитку у галузі ракетобудування, нанотехнологій, комп'ютерної техніки, оптики та матеріалів. Слід зазначити, що події в Україні, пов'язані з воєнною агресією Росії, досить яскраво продемонстрували роль військових супутників у проведенні воєнних операцій, їх внесок у мобільність та швидко координують різного виду військ.

Застосування супутників та технологій, пов'язаних з ними, завжди матиме значний пріоритет у мирному застосуванні на благо людству.

Список використаних джерел:

1. Види штучних супутників. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Штучний_супутник.
2. Класифікація орбіт супутників. URL: <https://universemagazine.com/klasyfikacziya-navkolozemnyh-orbit/>.
3. Інформація про астрономічні супутники. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Астрономический_спутник.
4. Інформація про сонячні обсерваторії. URL:
 - 4.1. <https://soho.nascom.nasa.gov/data/realtime-images.html>.
 - 4.2. <https://sdo.gsfc.nasa.gov/mission/>.
 - 4.3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/SOHO>.
5. Інформація про біосупутники. URL:
 - 5.1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биоспутник>.
 - 5.2. http://biosputnik.imbp.ru/structure_Bion2.html.
 - 5.3. <https://web.archive.org/web/20020620090654/http://www.astronautix.com/craf.t/biollite.htm>.
6. Інформація про метеосупутники. URL:
 - 6.1. <http://www.novaecologia.org/voecos-384-1.html>.
 - 6.2. <https://thealphacentauri.net/rubrika/>.
7. Інформація про супутники зв'язку. URL:
 - 7.1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Супутник_зв'язку.
 - 7.2. https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Golub/супутники2016/teoria7.html.
<https://novosti-kosmonavtiki.ru/articles/76550.html>.
8. Інформація про навігаційні супутники. URL:
 - 8.1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Навігаційний_супутник.
 - 8.2. <https://dzudzylo.com/tehnologii/yak-pratsiuie-gps.html>.
 - 8.3. <https://waymaps.ua/iak-pratsiuie-gps/>.
9. Інформація про кубсати. URL:
 - 9.1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/CubeSat>.
 - 9.2. <https://thealphacentauri.net/126889-rushiyni-ustanovki-kubsativ/>.
10. Інформація про супутники ДЗЗ. URL:
 - 10.1. <https://aboutsacejournal.net/космические-аппараты/искусственный-спутник-земли/дистанционное-зондирование-земли/>.
 - 10.2. <https://innoter.com/sputniki/>.
 - 10.3. <https://spacelibrarynews.wordpress.com/українські-супутники-дзз-завдання-та/>.

SPACE SATELLITES AT THE SERVICE OF HUMANS

Serhiy Makoviychuk A member of the astronomical circle of Vinnytsia RCTCSY

The article deals with the role and significance of various types of space satellites for people and science.

Keywords: orbit, atmosphere, spectrum (range), signal, observation, weather, navigation, communication.

СУЧАСНІ СУПУТНИКОВІ МЕТОДИ В МЕТЕОРОЛОГІЇ

Яна Липівська – студентка 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського

У статті розглянуто особливості, переваги та недоліки супутникової метеорології. Описано основні завдання для вирішення яких застосовують штучні супутники.

Ключові слова: метеорологія, штучні супутники, зондування атмосфери.

Супутникова метеорологія вивчає методи дистанційного зондування атмосфери для вимірювання та спостереження за метеорологічними явищами та умовами погоди, а також пов'язаними з ними деякими параметрами на поверхні Землі завдяки використанню космічних літальних апаратів [1].

Космічний літальний апарат (шина) являє собою каркас, на який монтуються прилади, які проводять моніторинг Землі та її атмосфери з різних орбіт в умовах високого вакууму під впливом гравітаційного поля Землі та інших космічних тіл, світлового тиску, наявності енергетичних частинок радіації та мікрометеорного пилу (рис.1).



Рис. 1. Метеорологічний супутник [1]

Контроль характеристик літального космічного апарату здійснюється за допомогою різних засобів залежно від загальної конструкції. Точна швидкість обертання може підтримуватися за рахунок зміни розподілу маси супутника, а отже, моменту його інерції. Альтернативно використовуються інерційні системи, які обертаються відповідно до магнітного поля Землі.

Що стійкішим є космічний літальний апарат, то довший термін його можливої роботи. Атмосферне тертя не дає змоги використовувати висоту орбіт набагато нижчу за 300 км, оскільки значно знижується термін служби літального апарата. На більш високих орбітах цей опір незначний, а термін служби літального апарата досягає декількох років.

Орбіта космічного літального апарата - це траєкторія, яку описує штучний супутник Землі в часі та в космічному просторі.

За висотою польоту орбіти супутника поділяються на: низькоорбітальні, середньоорбітальні, геостаціонарні.

Низькоорбітальна орбіта супутників лежить у межах 700-1500 км. Період обертання супутників на такій орбіті становить близько 2 годин, швидкість руху - близько 2500 км/год.

Висота орбіт середньоорбітальних супутників - від 5000 до 11 000 км. Період обертання становить 4-6 годин, швидкість руху - до 30 000 км/год.

Висота орбіт геостаціонарних супутників - 35 790 км, період обертання - близько 24 годин, швидкість руху - близько 11 000 км/год.

За нахилом своїх орбіт супутники поділяються на:

- екваторіальні (нахил орбіт - 0° , супутники рухаються на схід);
- похилі (нахил орбіт від 40° до 80°);
- полярні (нахил орбіт близько 90°)

Траєкторія метеорологічного супутника Землі, що рухається без тертя в гравітаційному полі сферичної планети, може бути еліптичною, параболічною або гіперболічною залежно від початкової швидкості [2].

У разі виведення супутника на геостаціонарну орбіту він обертається в тому ж напрямку, що й Земля, з періодом в одну добу.

Кругова орбіта над екватором є стаціонарною по відношенню до Землі, і тому супутник завжди обернений до одного і того ж району поверхні Землі.

Метеорологічні супутники на геостаціонарних орбітах:

Європейський союз - EUMETSAT (система METEOSAT).

Meteosat First Generation: Meteosat-6 (IODC) (2007-2011); Meteosat-7 (1997-2006);

Meteosat-7 (IODC) (2006-2016).

США - система GOES.

Geostationary Operational Environmental Satellite - 2nd generation (NOAA):

GOES-11 (2000-2011); GOES-12 (2001-2010); GOES-9 (GMS backup) (2003-2006);

GOES-13 (2006-2015); GOES-10 (S-America) (2006-2009); GOES-14 (2009-2016);

GOES-15 (2010-2020); GOES-12 (S-America) (2010-2013).

Геостаціонарний оперативний супутник довкілля - 3-є покоління (NOAA):

GOES-R (2015-2026); GOES-S (2017-2028); GOES-T (2019-2030);

GOES-U (2024-2035).

Японія - система MTSAT-1R.

Метеорологічні супутники використовуються для отримання цілої низки зображень і кількісних характеристик поверхні Землі, а також даних про стан атмосфери на висотах до 20 км.

Використання цілого комплексу датчиків на супутникових метеорологічних платформах дає змогу проводити вимірювання багатьох геофізичних параметрів. Супутникові спостереження мають як переваги, так і недоліки, порівняно з використанням наземних спостережних систем.

Перевагами використання супутників у метеорології є [3]:

- можливість давати ті чи інші форми зображення процесів в атмосфері та на поверхні Землі. Зображення хмарності та льодових умов - це особлива діагностична інформація, яка необхідна при аналізі метеорологічних явищ;

- глобальне, регіональне та локальне охоплення спостережень, включно з віддаленими та важкодоступними районами суші та Світового океану;

- висока просторова і часова роздільна здатність даних супутникових спостережень;

- можливість одночасного вимірювання широкого діапазону параметрів;

- за певних умов - вимірювання по всій товщі атмосфери, зокрема за суворих умов погоди;

- можливість отримання кількісних характеристик метеорологічних вимірювань.

До недоліків використання супутників слід віднести такі:

- атмосферні, океанографічні та гідрологічні параметри не вимірюються безпосередньо;

- низька точність вимірювання в точці (постійної уваги потребує калібрування приладів і процедури приведення даних);

- тривалі терміни підготовки для нових приладів;

- вихід з ладу датчика може призвести до повної втрати даних;

- за великого шару хмарності (суворі умови погоди) можна проводити тільки часткові вимірювання приземних і низько-атмосферних параметрів.

Телевізійна та інфрачервона апаратура, яка встановлена на метеорологічних супутниках, дає можливість отримувати вдень і вночі зображення Землі. На тлі земної поверхні, завдяки знімкам з навколосемного космічного простору, з'явилася можливість вивчати особливості структури і розподілу хмарного покриву в тропосфері, а також визначати температуру верхньої межі хмар, цілої низки атмосферних вихорів та явищ погоди і багато іншого.

Типізація таких великомасштабних процесів в атмосфері, як циклони і пов'язані з ними хмарні системи, створила основу для супутникового аналізу хмарності (нефаналізу), що полягає в дешифруванні зображень хмарності з метою визначення синоптичної ситуації. Завдяки супутниковим знімкам значно доповнюється інформація про стан атмосфери, одержувана з наземних станцій. Це особливо важливо для районів, де немає регулярної мережі метеорологічних станцій - над океанами і в багатьох районах тропіків, у високих широтах як Північної, так і Південної півкуль. Особливо важлива роль супутникової інформації для своєчасного розпізнавання, простежування і прогнозу тропічних штормів і ураганів. Супутникові зображення підстильної поверхні дають змогу отримувати цінні відомості про крижаний і сніговий покриви, дрейфуючі морські льоди й айсберги [4].

До комплексу апаратури метеорологічних супутників входять також актинометричні прилади для вимірювань відбитої Землею в космос сонячної радіації і власного теплового випромінювання Землі в космічний простір. Це дає змогу вивчати закономірності планетарного розподілу приходу-витрати тепла і мінливості клімату.

За допомогою супутникових вимірювань дистанційно можуть бути визначені такі параметри атмосфери, як вміст в атмосфері малих газових і аерозольних (зокрема й забруднювальних) компонентів, вологість ґрунту і багато іншого.

Особливого значення супутникові метеорологічні спостереження за Світовим океаном набули для моніторингу морського дрейфуючого льоду. Створення супутникових радіолокаторів із синтезуючою апаратурою дає змогу отримувати детальну інформацію про просторову структуру крижаного покриву за будь-яких погодних умов.

Використання метеорологічних супутників дає змогу здійснювати безперервне спостереження за розвитком погодоутворювальних процесів в атмосфері й оперативно використовувати ці дані під час розв'язання різних завдань прогнозу погоди.

Метеорологічні спостереження включають у себе визначення основних метеорологічних параметрів: напрямок і швидкість вітру; температура повітря; атмосферний тиск; вологість; точка роси.

Отже, супутникова метеорологія використовується для вимірювання та спостереження за метеорологічними явищами, станом атмосфери, параметрами на поверхні Землі.

Використання цілого комплексу датчиків на супутникових метеорологічних платформах дає змогу проводити вимірювання багатьох геофізичних параметрів.

Список використаних джерел:

1. Метеорологічні супутники

URL: <https://www.meteorologiaenred.com/uk/satelites-meteorologicos.html>

2. Основи супутникових вимірювань метеорологічних параметрів атмосфери
URL:https://uhmi.org.ua/sat_img/posibnyk_satellite_info/Main_part/part1/1.1%20orbits%20of%20satellites.htm
3. Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Вітренко А.О. Економічна метеорологія. К.: Майстер книг, 2019. - 352 с.
4. Kunz M. The skill of convective parameters and indices to predict isolated and severe thunderstorms // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2007. V. 7. P. 327–342.

MODERN SATELLITE METHODS IN METEOROLOGY

Yana Lypivska - 4rd-year student of the bachelor's degree program of VSPU named after M. Kotsyubynskyi

The article examines the features, advantages and disadvantages of satellite meteorology. The main tasks for which artificial satellites are used are described.

Keywords: meteorology, artificial satellites, atmospheric sensing.

МІЖЗОРЯНІ ОБ'ЄКТИ В СОНЯЧНІЙ СИСТЕМІ

Микола Черненко - гуртківець астрономічного гуртка Вінницького ОЦТТУМ



У статті йдеться про особливості міжзоряних об'єктів, їх характеристики, дослідження та вивчення. Розповідаю про 19 знайдених об'єктів, які, можливо, є міжзоряними мандрівниками, про планети-сироти, про рукотворні міжзоряні об'єкти - зонди "Вояджер-1" і "Вояджер-2" та про їх відкриття.

Ключові слова: космос, міжзоряні об'єкти, орбіти, астрономія, космічні гості.

Що таке міжзоряні об'єкти?

З дитинства мене приваблює космос. Навчаючись в астрономічному гуртку Вінницького обласного центру технічної творчості учнівської молоді ми спостерігаємо в телескоп плями на Сонці, кратери на Місяці, зорі та планети (рис. 1).

Мене зацікавили міжзоряні об'єкти — це об'єкти, які знаходяться в міжзоряному просторі та не пов'язані силами тяжіння з жодною зіркою, які пролітали крізь сонячну систему або в наш час намагаються її покинути.

Дослідження я проводив аналізуючи та вивчаючи документи, що розповідають про міжзоряних мандрівників.

Рис. 1. Спостереження Сонця в телескоп автором роботи



Міжзоряний об'єкт може бути виявлений тільки якщо він проходить через нашу систему поблизу від Сонця, або якщо він відокремився від хмари Оорта і почав рухатися по сильно витягнутій гіперболічній орбіті, не пов'язаній з гравітацією Сонця, чи впав на Землю.

На даний момент таких об'єктів виявлено лише чотири:
 астероїд 11/Оумуамуа, 2I/Borisov, Метеорит CNEOS 2014-01-08, Метеорит CNEOS 2017-03-09.

Якщо траєкторії міжзоряних об'єктів є слабо гіперболічними (рис. 2), то про них кажуть, що вони були викинуті із хмари Оорта, тобто утворилися в нашій Сонячній системі, а не прилетіли від іншої зірки або з міжзоряного середовища [1].

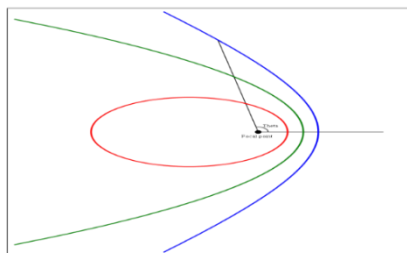


Рис. 2. Гіперболічна траєкторія об'єкту

Міжзоряні об'єкти можуть бути захоплені при проходженні через Сонячну систему і переведені тяжінням Сонця на геліоцентричну орбіту [1].

Складно зрозуміти, звідки вони прибули.

Відомі два можливих сценарії. У першому - комета спочатку знаходиться на стабільній орбіті навколо Сонця, однак гравітаційна взаємодія з об'єктом, який проходить поряд, призводить до зміни орбіти комети. В результаті цього комета занурюється у внутрішню частину Сонячної системи, де її можна спостерігати до тих пір, поки вона не вийде у міжзоряний простір.

У другому сценарії комета приходить в Сонячну систему здалеку, можливо, з іншої планетної системи і, таким чином, виявляється в околицях Сонця випадково, пролітає повз нашу зірку і продовжує рухатися далі [2].

Виявлені міжзоряні об'єкти

Міжзоряний об'єкт – Оумуамуа - це перший виявлений та підтверджений об'єкт від іншої зірки, який відвідав нашу Сонячну систему. Цей міжзоряний мандрівник, здається, є скелястим об'єктом у формі сигари з дещо червонуватим відтінком.

Першовідкривачі назвали його «Оумуамуа» (рис. 2). Він має довжину до 400 метрів і дуже витягнутий — можливо, у 10 разів більше, ніж його ширина. Це співвідношення сторін більше, ніж у будь-якого астероїда чи комети, які спостерігалися в нашій сонячній системі на сьогоднішній день.



Рис. 2. Міжзоряний об'єкт 1I/2017 U1 - «Оумуамуа». Концепція художника

Хоча його подовжена форма досить дивна на відміну від об'єктів, які можна побачити в Сонячній системі, вона може дати нові підказки щодо формування інших зоряних систем. Оумуамуа був виявлений 19 жовтня 2017 року телескопом Pan-STARRS1 Гавайського університету, NASA.

Хоча спочатку цей об'єкт було класифіковано як комету, спостереження не виявили жодних ознак кометної активності після того, як він пролетів повз Сонце 9 вересня 2017 року на неймовірній швидкості - 87,3 кілометрів за секунду.

Його ненадовго класифікували як астероїд, поки нові вимірювання не показали, що він трохи прискорюється. А це свідчить про те, що він веде себе більше як комета [3]. Гарвардський астроном Аві Леб (рис. 5) опублікував статтю, в якій стверджував, що незвичайна форма Оумуамуа та його дивовижне прискорення свідчать про те, що це може бути світлове вітрило — космічний корабель, що рухається сонячним світлом (рис. 3).

Леб не стверджує, що це є корабель прибульців, лише твердить, що вчені повинні розглянути таку версію. Взявши це до уваги, група космічних інженерів розробила проєкт Ліра. Цей проєкт передбачає будівництво космічного корабля, який міг би наздогнати Оумуамуа [4].

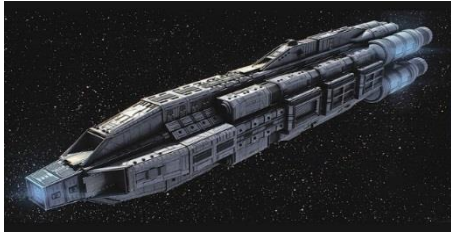


Рис. 3. Космічний корабель в формі Оумуамуа

2I/Borisov - перша відкрита міжзоряна комета

Вона гравітаційно не пов'язана з Сонцем. Об'єкт має діаметр ядро близько 20 км та невеликий хвіст. Він був відкритий астрономом-аматором Геннадієм Борисовим на 65-см телескопі власної розробки. Після

кількох спостережень комети було встановлено, що вона рухається гіперболічною орбітою, тобто прийшла з-за меж Сонячної системи.

Подальші спостереження за рухом комети підтвердили її гіперболічну орбіту та міжзоряне походження, після чого 24 вересня 2019 року Міжнародна астрономічна спілка офіційно затвердила нову назву для першої міжзоряної комети — 2I/Borisov (рис. 4) [5].



Рис. 4. Комета 2I/Borisov

Міжзоряне походження об'єкту CNEOS 2014-01-08

Гарвардський професор Аві Леб та його аспірант Амір Сірадж (рис. 5) стверджують, що метеорит, який 2014 року впав у море Землі поблизу Нової Гвінеї, міг походити з-за меж Сонячної системи. Про це свідчать дані американського розвідувального супутника.

Такий висновок вони зробили, проаналізувавши дані астрономічних каталогів. Вважається, що об'єкт CNEOS 2014-01-08 мав діаметр приблизно 50 см.

Дані дослідників свідчать, що до входження в атмосферу Землі його швидкість була завеликою для того, аби Сонце могло втримати його на своїй орбіті.

Однак, більшість вчених не поділяють ентузіазму Леба. Річ у тім, що основні оцінки траєкторії CNEOS 2014-01-08 отримані від американського військового супутника. Точність здійснюваних ним вимірювань є військовою таємницею. Тож ніхто не може з упевненістю сказати, чи правильною є оцінка швидкості.

На сьогодні вчені визнають міжзоряну природу тільки двох об'єктів, що пролітали крізь Сонячну систему: комети Борисова та астероїда Оумуамуа.

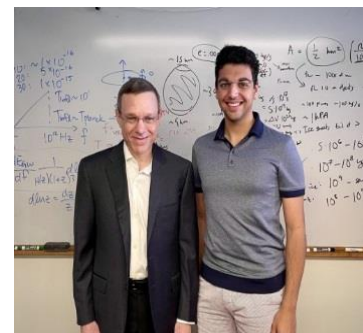
Якщо CNEOS 2014-01-08 дійсно прилетів до нас із глибин космосу, то це буде означати, що він стане третім у цьому списку. Навіть більше, рештки цього астероїда можуть виявитися першими зразками речовини, що не належить нашій Сонячній системі, які потраплять до рук науковців. Проблема лиш у тім, що через невеликий розмір більша частина CNEOS 2014-01-08 випарувалася під час польоту крізь атмосферу. А ті шматки, що досягли поверхні, лежать на дні моря [6].

Міжзоряне походження об'єкту CNEOS 2017-03-09

Аві Леб, 20.09.2022: «У новій роботі з моїм студентом Аміром Сіраджем (рис. 5) ми ідентифікували другий міжзоряний метеорит, IM2 у каталозі болідів CNEOS NASA.

Два міжзоряні метеорити є об'єктами метрового масштабу, які зіткнулися з Землею своєю траєкторією, гравітаційно не пов'язаною з Сонцем. Іншими словами, об'єкти прибули до Сонячної системи з міжзоряного простору і рухалися швидше, ніж швидкість втікання від Сонця, коли їх підхопила земна гравітація. Перший міжзоряний метеорит CNEOS 2014-01-08 (IM1), який ми з Аміром виявили у 2019 році, був підтверджений на рівні достовірності 99,999% листом Космічного командування США (US Space Command). Другий міжзоряний метеорит, який ми щойно виявили, CNEOS 2017-03-09 (IM2), був у десять разів масивніший і мав розмір приблизно метр».

Рис. 5. Гарвардський професор Аві Леб та його аспірант Амір Сірадж у офісі Леба



Примітно, що і IM1, і IM2 розпалися низько в атмосфері Землі, незважаючи на їх надзвичайно високі швидкості. IM1 та IM2 зайняли 1 та 3 місце за міцністю матеріалу серед усіх 273 метеоритів у каталозі CNEOS [7]. Каталог CNEOS – це каталог вогняних куль, тобто згорівших в атмосфері метеорів.

Цей дражливий висновок про надзвичайно рідкісну міцність матеріалу IM1 та IM2 передбачає, що міжзоряні метеорити не є камінням із планетних систем, таких як Сонячна система.

Можливо, що така висока швидкість та твердість IM1 та IM2 пояснюється їх штучним походженням, а саме тим, що вони є міжзоряними космічними кораблями з хімічним двигуном, схожими на наші власні міжзоряні зонди, але запуснені мільярди років тому. Можна також уявити собі корабель-носії, що несе у своєму череві CubeSat або мікропристрій, який, подібний до насіння кульбаби, автоматично вивільняється при терті з атмосферою населеної планети [7].

Щоб краще зрозуміти походження IM1 та IM2, важливо отримати їх матеріали та проаналізувати склад і структуру їх залишків за допомогою експедицій до місць їх падіння. Розробляються плани першої експедиції щодо пошуку фрагментів IM1 біля Папуа-Нової Гвінеї. За цим піде друга експедиція на IM2 неподалік Португалії [7].

Можливі міжзоряні об'єкти

У Сонячній системі знайдено 19 можливих міжзоряних об'єктів

Астрономи з Франції і Бразилії заявили про те, що їм вдалося виявити в Сонячній системі 19 об'єктів, які, ймовірно, були захоплені з міжзоряного середовища. Ймовірно, вони потрапили в нашу систему всього через кілька мільйонів років після її появи, повідомляє ScienceAlert [8].

Астрономи Фаті Намуні і Хелена Морайс знайшли свого першого гостя з іншої системи в 2018 році. Тоді вони звернули увагу на астероїди Кентаври, які розташовуються між Юпітером і Нептуном і найчастіше мають дуже дивні орбіти. В одного з астероїдів, Каераокаавела, орбіта нагадує орбіту Юпітера, але астероїд обертається в протилежний бік. Якщо б він сформувався разом з Сонячною системою, то рухався б так само, як і інші. Тому вчені провели комп'ютерне моделювання його появи. Воно показало, що Каераокаавела, швидше за все, 4,5 мільярда років тому був притягнутий в нашу систему з міжзоряного простору (рис. 7).

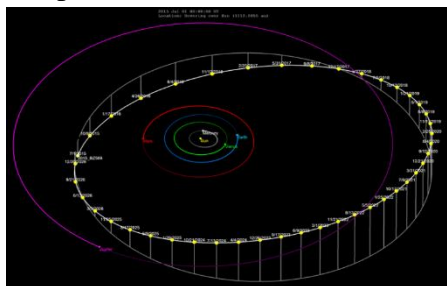


Рис. 7. Орбіта Каераокаавела (жовтим кольором)

Вчені розглянули 17 Кентаврів і два транснептунових об'єкти. За допомогою комп'ютерного моделювання вони простежили за тим, якими були орбіти об'єктів 4,5 мільярда років тому. В цей час всі компоненти Сонячної системи були частиною більш-менш плоского диска, що залишився від протопланетного диска зірки. Відповідно, всі вони оберталися в одному напрямку і в одній площині.

Моделювання показало, що ці 19 об'єктів не були частиною такого диска. Вчені вважають, що ймовірність того, що вони були захоплені з міжзоряного простору, набагато вища, ніж того, що вони сформувалися в диску навколо Сонця [8].

До Сонця наближається гігантська комета з іншої зоряної системи

Більшість комет, що проходять поряд із Сонцем, випаровуються, але гігантський розмір Machholz - 1 рятує її від знищення сонячною енергією. Вважається, що космічна крижана куля має діаметр близько 6 км.



Рис. 8. Комета 96P/Machholz - 1

У 2008 році вчені проаналізували матеріали, залишені 150 кометами, серед яких були зразки і Machholz - 1. Згідно з отриманими результатами, комета містить менше 1,5% від очікуваного рівня хімічного ціаногену, а також має низький вміст вуглецю, що наштовхнуло на думку, що ця брила може бути порушником з іншої зіркової системи.

Коли крижаний прибулець наблизиться до нашої зірки на відстань, яка втричі менша за відстань від Сонця до Меркурія, вчені знову зберуть зразки з кометного хвоста, що допоможе вивчити склад цієї нетипової для нашої системи комети.

Судячи з усього, Machholz - 1 була викинута зі своєї первісної зіркової системи гравітацією гігантської планети. Згодом, випадкове зближення з Юпітером могло змінити її траєкторію, що, зрештою, привело її в пастку навколо нашого Сонця (рис. 9) [9].

Планети сироти. Що таке планети сироти

Планета-сирота — об'єкт, що має масу, яку можна порівняти з планетарною, і є по суті планетою, але не пов'язана гравітаційно ні з якою зіркою, і навіть з іншою планетою (хоча така планета може мати супутники). Більшість астрономів вважають, що планети сироти можуть з'являтися шляхом зриву з орбіти своєї зірки в результаті якого-небудь катаклізму [10].



Рис. 9. Уявлення художника про міжзоряну планету сироту - аналог Юпітера

Астрономи виявили найбільшу групу планет-сиріт

В сузір'ях Скорпіона (рис. 10) і Змієноця виявили принаймні 70 нових планет-сиріт з масою, яку можна порівняти з масою Юпітера [11].

Рис. 10. Сузір'я Скорпіона



Про це повідомляє Європейська південна обсерваторія (ESO). Використовуючи дані кількох телескопів обсерваторії ESO та інших об'єктів, група астрономів відкрила принаймні 70 нових планет-сиріт у нашій Галактиці. Це найбільша група з коли-небудь виявлених планет-сиріт.

Складність вивчення таких планет в тому, що вони ховаються далеко від зірок, які їх висвітлюють. Щоб виявити так багато планет-сиріт, команда використовувала дані за 20 років, отримані з декількох наземних і космічних телескопів.

Це відкриття допоможе знайти ключ до розгадки того, як формуються ці загадкові об'єкти. Вважається, що їх викидає з батьківської сонячної системи або ж вони формуються в результаті колапсу газової хмари, яке занадто мала, щоб призвести до утворення зірки [11].

Позаземні цивілізації можуть використовувати планету-сироту як транспортний засіб

Існує 4 таких варіанти:

Перший сценарій: згідно з першим сценарієм розвитку подій, інопланетна цивілізація може використати планету, що пройшла близько біля їхнього рідного світу.

Другий сценарій: інопланетна цивілізація могла б використати свої технології, щоб спрямувати планету-сироту ближче до свого світу. І якби планета виявилася непридатною для життя, процес тераформування планети міг би все змінити.

Третій сценарій: цей варіант пов'язаний з об'єктами у зовнішній частині зоряної системи. пов'язаний з об'єктами у зовнішній частині зоряної системи позаземної цивілізації. Прикладом такого об'єкта може бути карликова планета Седна (рис. 11) в нашій Сонячній системі. Вона має дуже витягнуту орбіту, тому її відстань від Сонця змінюється від 76 астрономічних одиниць(а. о) до 937 а. о. [12]



Рис. 11. Карликова планета Седна

"Повний оберт навколо Сонця планета робить приблизно за 11 тисяч років. За наявності необхідних технологій і часу на підготовку такої об'єкт можна було б перетворити на рятувальний корабель для цивілізації [12].

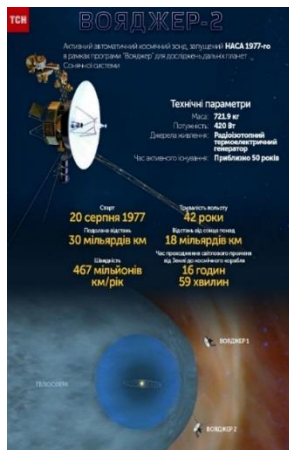
Четвертий сценарій: коли зірка переходить на новий етап своєї еволюції і починає перетворюватися на червоного гіганта, вона розширюється. А значить деякі об'єкти нею можуть бути викинуті із зіркової системи та стати планетами-сиротами. За словами вченої Романовської, всі запропоновані її варіанти розглядають планету-сироту лише як міжзоряний транспортний засіб, а не місце для постійного проживання цивілізації.

Рукотворні міжзоряні об'єкти та відкриття зроблені ними

Вважаю, що зонди "Вояджер – 1" та "Вояджер-2" – створені людиною об'єкти, яким вдалося вийти за межі Сонячної системи і зробити неймовірні відкриття – можна розглядати як рукотворні міжзоряні об'єкти. Завдяки їм вчені з'ясували, що Велика червона пляма на Юпітері – насправді циклон, що на планеті бувають блискавки, а також є активні вулкани на супутнику Іо, що у Юпітера є система кілець та щільна атмосфера, що нагадує земну.

Завдяки знімкам Північного полюсу Сатурна – вчені згодом з'ясували, що на поверхні планети панує дивний циклон, що має форму шестикутника.

У вересні 2013 року "Вояджер-1" досяг кордонів Сонячної системи та вийшов за її межі. 2018 року міжзоряного простору досяг і його близнюк, "Вояджер-2". Там вони зібрали величезні масиви даних (рис. 12) [13].



"Вояджер-1", і "Вояджер-2" перетнули геліопазу менше, ніж за добу. У процесі переходу обидва космічні апарати помітили зміни в інтенсивності космічного випромінювання. Відразу за межами геліопаузи його потужність була на 90% слабшою [13].

Наявність нового "прикордонного" шару свідчить про те, що існують стадії переходу з Сонячної системи до космосу, про які ученим раніше було невідомо. Наразі обидва прилади проходять через ділянку так званої "ударної хвилі" (bow shock), де плазма міжзоряного простору обтікає геліосферу, подібно до води, що тече навколо носа корабля, який рухається.

Рис. 12. Дані NASA про політ «Вояджера-2»

Скільки ще триватиме ця міжзоряна місія?

Проект "Вояджер" — найдовша місія в історії NASA. Проте обладнання поступово старішає — двигуни зношуються, а генератори виробляють менші енергії. Скільки ще часу "Вояджери" зможуть передавати дані — орієнтовно з 2025-2030 років зв'язок з "Вояджером-2" буде втрачено [13].

"Нам дуже потрібно більше відомостей. Існує "бульбашка", яку перетнули лише у двох місцях. Двох прикладів ніяк не достатньо"[13].

Висновок. Для чого вивчати міжзоряні об'єкти? Щоб дізнаватись більше про склад, будову та особливості міжзоряного простору, про небезпеку від того, що в ньому відбувається та про захист від космічної небезпеки, про можливість польотів до об'єктів за межами Сонячної системи та контактів з позаземними цивілізаціями [14].

Вважаю, що міжзоряним земним посланцям потрібна швидка і надійна заміна.

На випадок, якщо їх колись знайдуть прибульці, кожен "Вояджер" містить золоту пластину, на якій закодовано звуки, зображення, а також інформацію про життя на Землі — зокрема, її точні координати (чимало людей переймаються тим, що це небезпечно і може призвести до згубних наслідків) [13].

Я вважаю, що найбільшої шкоди Землі задають її нерозумні мешканці.

Людиноненависницька, кровопролитна війна, яку ведуть рашисти проти України, спрямована на знищення нашого народу, поневолення і дорослих, і дітей, загарбання наших земель, знищення українських міст і сіл.

Її наслідком може бути не просто руйнація, а знищення всієї планети Земля, знищення всього живого на ній.

Схаменіться, нелюди, поки не пізно!!!

Я вірю в перемогу України, дуже хочеться зберегти від знищення наш народ, нашу країну і нашу прекрасну Землю.

Список використаних джерел:

1. Міжзоряні об'єкти.. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Міжзоряні_об%27єкти
2. Комети, що залишають Сонячну систему, ймовірно, прибули здалеку URL: <https://cikavosti.com/kometi-sho-zalishaut-soniachny-sistemy-imovirno-pribyli-zdaleky/>
3. Оумуамау. URL: <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/comets/oumuamua/in-depth/>
4. Що таке Оумуамау? Ось що ми знаємо про міжзоряний об'єкт URL: <https://www.nbcnews.com/mach/science/what-oumuamua-here-s-what-we-know-about-interstellar-object-ncna963656>
5. Міжзоряна комета Борисова. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Міжзоряна_комета_Борисова
6. Вчені припускають, що на Землю впав метеорит з іншої зоряної системи URL: <https://universemagazine.com/mizhzoryanyj-obyekt-mig-vrizatysya-u-zemlyu-u-2014-roczy>
7. Відкриття другого міжзоряного метеориту URL: <https://thealphacentauri.net/126801-otkrytie-vtorogo-mejzvezdnogo-meteorita-galileo-project/>
8. У Сонячній системі знайдено 19 можливих міжзоряних об'єктів URL: https://zn.ua/ukr/TECHNOLOGIES/u-sonyachniy-sistemi-znaydeno-19-mozhlyvih-mizhzoryanih-ob-yektiv-345804_.html
9. До Сонця наближається гігантська комета з іншої зоряної системи URL: <https://rootnation.com/ua/news-ua/it-news-ua/ua-do-sontsya-nablizhaetsya-gigantska-kometa/>
10. Міжзоряна планета URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Міжзоряна_планета
11. Астрономи виявили найбільшу групу планет-сиріт URL: <https://www.unian.ua/science/astronomi-viyavili-v-chumackomu-shlyahu-naybilshu-grupu-planet-sirit-novini-11652451.html>
12. Позаземні цивілізації можуть використовувати планету-сироту як транспортний засіб URL: <https://focus.ua/uk/technologies/517494-prokatitsya-na-planete-uchenye-govoryat-cho-mezzvezdnye-puteshestviya-vozmozhny-bez-korabley>

13. Зонд "Вояджер-2" - другий створений людиною об'єкт, якому вдалося вийти за межі нашої системи і зробити неймовірне відкриття. URL:

https://tsn.ua/nauka_it/voyadzher-2-viyshov-za-mezhi-sonyachnoyi-sistemi-i-potrapiv-do-mizhzyanogo-prostoru-scho-vin-tam-pobachiv-1439679.html

14. Всесвіт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Всесвіт>

INTERSTELLAR OBJECTS OF THE SOLAR SYSTEM

Mykola Chernenko - is a member of Vinnytsia OCTTUM.

The article examines the peculiarities of interstellar objects, their characteristics, research and study. I am talking about the 19 found objects that may be interstellar travelers, about orphan planets, about man - made interstellar objects - probes "Voyager-1" and "Voyager-2" and about their discovery.

Keywords: space, interstellar objects, orbits, astronomy, space guests.

ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ АСТРОНОМІЇ

АСТРОНОМІЯ ДАВНЬОГО СВІТУ

Лілія Бузенюк – вчитель фізики та астрономії, вчитель I категорії смт. Стрижавка
Софія Мельник – учениця 11 класу, смт. Стрижавка

У статті повідомляється про самі перші дослідження в галузі астрономії.

Ключові слова. Брахма, Джйотіша, жрець, Еа, обсерваторія, Ра, фараон, хронометр.

З давніх-давен люди вдивлялися в загадковий космос, рух Сонця та Місяця. Вони лякалася падіння комет і «зірок» (метеоритів). Але бажання пояснити космічні процеси були сильніші за їх страхи. Тому зародження астрономії сягає часів стародавнього світу.

Давній Єгипет

Астрономічні спостереження, вимірювання часу в Стародавньому Єгипті здійснювали жерці, які мали великий авторитет як у фараонів, так і в народі.

Первісно сенс астрономічних знань у давніх єгиптян зводився до вимірювання часу, для чого найпростішим хронометром слугував Місяць. Утім, згодом такий метод занепав. Місячний календар існував ще в доісторичний період. Про це свідчить той факт, що в Стародавньому Єгипті з давніх-давен рік поділяли на 12 місяців, а місяць — на 30 днів.

Місяць з часом перестав становити для єгиптян практичний інтерес. З усіх небесних світил єгиптян найбільше цікавили Сонце та зоря Сиріус.

Єгиптяни шанували Сонце. Про обожнювання Сонця давніми народами свідчать міфи. Утім, Сонце відіграло досить велику роль у житті, культурі та віруваннях єгиптян. Пов'язано це зі специфікою географічного положення Стародавнього Єгипту, який розташовувався по обох берегах Нілу в Лівійській пустелі. Тому весь рік єгипетську землю освітлювало палаюче сонце. Саме бог Сонця Ра був верховним божеством для давніх єгиптян, творцем світу (рис. 1). Правителів же Єгипту, фараонів, вважали синами бога Ра. Найбільш ранні свідчення про спостереження Сиріуса датують епохою I династії (початок III тис. до н. е.) [2].

Давній Китай

Астрономія в Китаї має дуже довгу історію та давні традиції. Китайці були дуже наполегливими та точними спостерігачами небесних явищ у світі. Історія астрономії в країні сягає періоду другого тисячоліття до нашої ери але багато відомостей з давніх часів або просто не дійшло до нас, або було втрачено, або було спотворено. Початок дійсної історії китайської астрономії відносить до першого тисячоліття до н. е. (рис.2).

Спочатку основним хронометром для китайців слугував місячний календар. З 350 року до н. е. китайцям було відомо, що тривалість року становить понад 365 днів [3].



Рис. 1.
Давньоєгипетський
бог Сонця Ра



Рис. 2. Фрагмент давньої китайської
карти зоряного неба

Першим точним визначенням сонячного затемнення є затемнення 6 вересня 776 році до н.е. Пізніше, протягом 242 років, їх у Китаї було зафіксовано 37. Також велися записи що до комет та сонячних плям, та все це у 213 році до н.е. було втрачено через необачність одного з імператорів.

Китайці встановили, що синодичний місяць (проміжок між двома послідовними фазами Місяця) триває 29,5 діб [4].

Давній Вавилон

Відомо що у Вавилоні ще 750 років тому був створений підручник з астрономії “Мул апін”, у якому був список всіх відомих на той час зірок, відомості про планети, Місяць, пори року.

Що стосується уявлень про будову Всесвіту, то вавилоняни мали дві основні моделі будови світу. Згідно з першою, Земля має вигляд круглого острова, що плаває у світовому океані. Небо – порожньоїтіла півсфера із каменю, що опирається на земну поверхню з прикріпленими до нього зірками та планетами. Воно відокремлює “нижні” води (тобто океан) та “верхні” води (дощові). Сонце вранці сходить на небо через Східні ворота, здійснює свою подорож тривалістю в день, а ввечері через Західні ворота спускається під Землю.

Небо складається з 2-х “поверхів”, де живуть боги. По аналогії, земля складається з 3-х “поверхів”: на верхньому жили люди, на середньому – бог Еа, та царство мертвих – на найнижчому.

Згідно із другою моделлю Світу, “верхня”, північна частина Землі має вигляд гігантської піраміди із сьома сходами, вершина ж її знаходиться у хмарах. “Нижня”, південна частина Землі має такий самий, але перевернутий вигляд. У “верхній” частині мешкають живі, а у “нижній” – мертві люди. Обоє пірамід розмежовуються чотирма морями а навкруги них знаходяться сім концентричних сфер (небес), кожною з яких володіє один із богів у такій послідовності: Сін, Шамаш, Набу, Іштар, Мардук та Німіб. Планета, кожна з яких мала таким чином свого правителя, знаходилася саме на цих сферах. Після планет іде сфера нерухомих зірок, що опоясана Зодіаком (пояс із 12 палаців) [11].

Давня Індія

Рання астрономія Індії була тісно пов'язана з релігією та астрологічними передбаченнями і одержала назву "наука світла" - джйотіша [9].

Одна з найпопулярніших гіпотез давньої Індії була така: земну півсферу підтримують 4 слони, що стоять на великій черепаці [14].

Згідно з іншою гіпотезою першоосновою з усіх речей була вода, якою був заповнений весь світовий простір. Через деякий час вода захвилювалася та почала пінитися. З цієї піни з'явилося яйце, що розкололося, та з нього вийшов бог Брахма. Одна з двох половинок яйця стала небом, інша – Землею. Що стосується зірок, то у давньоіндійській священній книзі Ваю-Пурама про них сказано так: “Вітер посуває зірки навкруги полюса, до якого вони прив'язані невидимими для людей нитками...” [10].



Рис. 3. Обсерваторія Савай Джай Сінгха в Джайпурі

Останньою яскравою подією наукового життя Індії перед її завоюванням європейцями була діяльність правителя Раджпутани Савай Джай Сінгха II (1686–1743), що заснував кілька обсерваторій в Північній і Центральній Індії, зокрема Джантар-Мантар (Джайпур) (рис. 3). Ці обсерваторії продовжували традицію таких великих обсерваторій Сходу якими були Марагінська (13 ст.) і Самаркандська (15 ст.) обсерваторії.

У Савай Джай Сінгхом містяться відомості про сучасні західні уявлення астрономії: у ньому викладається вчення про рух планет за еліпсами та вказуються спостереження кілець Сатурна і супутників Юпітера [9].

Давня Греція

Грецькі мудреці навчилися визначати форму небесних тіл, їх відстань одне від одного та їх взаємо розташування у просторі.

У морі греки орієнтувалися по зірках, окремим їх групам.

Першим із видтних грецьких філософів був Фалес Мілетський (бл. 624-547 рр. до н.е.).

Відомо, що у давній Греції існував посібник по навігаційній астрономії. Фалес написав посібник приблизно у VI ст. до н.е.

Відповідно до космологічних уявлень Фалеса, першоосною всього у природі є вода, саме з неї й утворилася Земля. Що ж стосовно форми нашої планети, то, на думку грека, вона являє собою круглий диск, що плаває у водоймі. Трохи пізніше, близько 500 року до н.е., перший грецький географ Гекатей Мілетський визначив навіть діаметр цієї плити – близько 8000 км...

Фалес Анаксимандр (бл. 610-546 рр. до н.е.) вважав, що Земля має форму циліндру (“схожа на відрізок кам’яної колони”...), вісь якого співпадає з напрямком схід-захід, а висота складає $\frac{1}{3}$ його ширини. З точки зору Анаксимандра, першою була не вода, а первинна “невизначена матерія” – “апейрон”, що є нескінченною і вічною та існує у русі, переходячи від одного стану до іншого. Ця невизначена матерія спочатку виділила із себе протилежності – тепло та холод, завдяки яким і утворились конкретні речі світу. В першу чергу, із взаємодії тепла та холоду утворилася вода. Її висихання зумовило виникнення вогню, повітря та землі.

Анаксимандр стверджував, що таких світів, як наша планета у Всесвіті може бути величезна кількість. Також, відповідно до точки зору Анаксимандра, Земля, знаходячись у просторі, ніким і нічим не підтримується.

А ось як пояснював будову Світу інший філософ мілетської школи – Анаксімен (бл. 585 – бл.525 рр. до н.е.). Перш за все повинно бути повітря. При цьому, як повітря розріджується, воно стає вогнем, а при тому, як воно згущується, то утворюються хмари, вода, земля, каміння. А з усього цього виникає усе інше.

Піфагор уперше висловив думку про те, що Земля має форму кулі. На це його наштовхнули спостереження фаз Місяця, адже лінія, яка відокремлює його світлу та темну частини поверхні, є кривою.

Більш докладну космологічну картину у світлі Піфагорійських ідей написав Філолай (бл. 470 – бл. 399 рр. до н.е.). Він висунув здогадку, що у центрі знаходиться не Земля, а центральний вогонь – “хестія”, і що усі відомі космічні тіла обертаються навкруги цього вогню. При цьому Земля наче обертається навкруги своєї осі так, що у кожний момент часу центральний вогонь ми бачити не можемо. Саме ж Сонце – прозора, як скло, куля, яка відбиває світло, що падає на нього від цього вогню.

Першим, хто поставив перед собою за мету виміряти відстань до небесних світил був грек Аристарх Самоський (бл. 310 – бл. 250 рр. до н.е.). Лише він здогадався, що після деяких вимірів та розрахунків стає можливим встановити відстані у системі Сонце – Земля – Місяць.

На основі своїх розрахунків, Аристарх Самоський стверджував, що об’єм Сонця у 343 разів більший за об’єм Землі. І це, очевидно, і привело пізніше філософа до висновку, що Сонце, як велике тіло, розташоване у центрі Світу, і що Земля разом з іншими планетами обертається навколо нього.

Те, що Земля є кулею, достовірно обґрунтував Арістотель, бо, за його словами: “У протилежному випадку за часів місячних затемнень ми не бачили б на Місяці такого круглого сегменту. А оскільки місячне затемнення виникає через земну тінь, то і Земля

повинна б була мати вигляд кулі ”.

Таким чином, вже Аристотелю була відома довжина великого круга, що опоясував нашу планету, його площа – 400 тис стадій.

Сьогодні всі згодні з тим, що завдяки праці давньогрецького астронома Гіпарха (бл.185-125 рр. до н.е.) астрономія почала формуватися у точну науку. Гіпарх першим почав систематичні астрономічні спостереження та їх всебічний математичний аналіз, він розробив теорію руху Сонця і Місяця, метод передбачення (із точністю до однієї – двох годин) затемнень, заклав основи сферичної астрономії та тригонометрії. Та відкриття прецесії–переміщення точки весняного рівнодення назустріч Сонцю (триває 50,26”) є найважливішим з усього зробленого Гіпархом. Хоча не останнє місце займає визначення Гіпархом тривалість синодичного місяця [1].

Отже, з вище наведеного можна зробити наступний висновок:

- Не дивлячись на те, що всі люди під час своїх спостережень за небом у давні часи керувались однією ціллю – знайти пояснення процесів зі свого повсякденного життя, все одно у кожного народу сформувалися власні погляди на будову світу.

- Великих результатів серед інших народів давнього світу досягли грецькі вчені. Вони перші перейшли від простого спостереження космічних і природних явищ до вивчення процесів, що їх спричиняють.

- І хоча лівова доля астрономічних відкриттів припадає лише починаючи з кінця Середньовіччя, все одно, відкривши ту ж прецесію та встановивши тривалість синодичного місяця, вчені Давнього світу вже зробили не малий внесок у розвиток астрономії.

Брахма — головний бог індуїстської міфології. Це один з трьох богів священної тріади. Він є творцем усього Всесвіту [5].

Джйотіша - вчення всевідання, яку передали людям ріші — провидці; стародавня концепція, що пояснює вплив природних чинників на людину та її тіло, на групи людей і в цілому на Землю [6].

Жрець - особа, що здійснювала богослужіння, жертвоприношення в язичеських релігіях [8].

Еа або **Енкі** — один з тріади великих богів. Божество Світового океану, підземних (прісних) вод, мудрості, культурних винаходів; є прихильним до людей [7].

Обсерваторія — наукова установа, в якій за допомогою особливих інструментів виконують астрономічні, магнітні сейсмологічні, метеорологічні та інші спостереження, а також обробляють отримані результати [12].

Ра в давньоєгипетській міфології — бог Сонця, перший правитель Єгипту [13].

Фараон — титул монарха в Стародавньому Єгипті, сучасне найменування правителів Стародавнього Єгипту [15].

Хронометр — механічний годинник з особливо точним ходом, похибка якого становить лише декілька секунд на добу [16].

Brahma is the main god of Hindu mythology. This is one of the three gods of the sacred triad. He is the creator of the entire universe .

Jyotisha - the teaching of omniscience, which was passed on to people by rishis - seers; an ancient concept that explains the influence of natural factors on a person and his body, on groups of people and on the Earth as a whole .

A priest is a person who performed religious services and sacrifices in pagan religions .

Ea or **Enki** is one of the triad of great gods. Deity of the World Ocean, underground (fresh) waters, wisdom, cultural inventions; is friendly to people .

An observatory is a scientific institution in which, with the help of special instruments, astronomical, magnetic seismological, meteorological and other observations are carried out, as well as the obtained results are processed .

Ra in ancient Egyptian mythology is the god of the Sun, the first ruler of Egypt .

Pharaoh is the title of the monarch in Ancient Egypt, the modern name of the rulers of Ancient Egypt .

A **chronometer** is a mechanical watch with a particularly precise movement, the error of which is only a few seconds per day.

Список використаних джерел:

1. «Астрономія Стародавньої Греції» - URL: <https://uk.gsusigmanu.org/245-astronomy-in-ancient-greece>.
2. «Астрономія в Стародавньому Єгипті» - URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Астрономія_в_Стародавньому_Єгипті.
3. Астрономія у Стародавньому Китаї. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Астрономія_у_Стародавньому_Китаї.
4. «Астрономія у Стародавньому Китаї» - URL: <https://uk.gsusigmanu.org/257-astronomy-in-ancient-china>.
5. «Брахма» - URL: <https://tureligious.com.ua/brakhma-boh-tvorinnia-v-induizmi/>
6. «Джйошіта» - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Джйошіта>
7. «Енкі» - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Енкі>
8. «Жрець» - URL: <http://sum.in.ua/s/zhrecj>
9. «Індійська астрономія» - URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Індійська_астрономія
10. «Індійська міфологія» - URL: <https://studfile.net/preview/10003984/>
11. «Історія астрономії» - URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Історія_астрономії
12. «Обсерваторія» - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Обсерваторія>
13. «Ра» - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ра>
14. «Світова черепаха» - URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Світова_черепаха
15. «Фараон» - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Фараон>
16. «Хронометр» - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Хронометр>.

ASTRONOMY OF THE ANCIENT WORLD

Liliya Buzenyuk - teacher of physics and astronomy, teacher of the 1st category of the city, urban village Strygavka

Sofia Melnyk - 11th grade student, urban village Strygavka

The article reports on the very first research in the field of astronomy.

Keywords. Brahma, Jyotisha, the priest, Eh, observatory, Ra, the pharaoh, the chronometer.

УКРАЇНА РАКЕТОКОСМІЧНА

Микола Черненко – гуртківець Вінницького ОЦТТУМ, учень 6 класу Вінницького ФМЛ №17

Розглянуто історичну та сучасну ролі моїх співвітчизників та моєї Батьківщини у розвитку теорії космічних польотів, ракето космічної техніки та освоєння космосу.

Ключові слова: космос, ракети, проектування, орбіти, астрономія.



Стаття написана до початку загарбницької рашистської повномасштабної війни розпочатої росією 24.02.2022 р.

Якось на заняттях гуртка ми обговорювали пілотований політ американських астронавтів до Місяця трасою «равлика», яку ще називають трасою Кондратюка. Це тому, що здійснювали політ саме такою траєкторією, яку запропонував українець Юрій Кондратюк (Олександр Шаргей). Мене зацікавило, які внески зробили українці у розвиток

ракетобудування та космонавтики, а особливо як розвивається космонавтика в часи незалежної України.

Україна космічна держава. Державу вважають космічною, якщо на її території є працюючі космодроми. На території України немає космодромів, але вона виділяється своїми досягненнями в космонавтиці і в ракетобудуванні:

- ✓ в Україні народилися основоположники космонавтики;
- ✓ українець був у космосі;
- ✓ українці будують космічний транспорт.

Перші ракети

Перші ракети, про які відомо з історії, виготовляли у Китаї, також у Китаї вперше був винайдений порох у вигляді порошку. Порох при запалюванні вибухає, але якщо він добре спресований, то при запалюванні горить рівномірно. Саме властивість спресованого пороху рівномірно горіти, китайці використовували, щоб виготовляти свої ракети. Ці ракети вони використовували для психологічної війни, тобто для підпалювання позицій та залякування ворогів, а також для святкових вогнів – феєрверків (рис. 1) [1].



Рис.1. Перші китайські ракети

Олександр Засядько та його бойові ракети

Українець Олександр Дмитрович Засядько (рис. 2) народився у 1779 р. на Полтавщині, помер 8 червня 1837 р. у Харкові.



Він перший:

- ❖ розробив кілька типів бойових порохових ракет;
- ❖ створив спеціальний пусковий пристрій для стрільби ними;
- ❖ організував їх виробництво;
- ❖ розробив тактику їх використання.

Рис. 2. Олександр Засядько

Першим (у 1817 р.) створив спеціальний пусковий пристрій, організував їх виробництво і розробив тактику використання (рис. 3) [2].



Рис. 3 “Катюші” Олександра Засядька та їх досконаліший прототип

Винахідник реактивного двигуна – Микола Іванович Кибальчич (рис. 4)

Теоретичні основи ракетної техніки розробив М. І. Кибальчич (1853–1881). У своїх роботах М. І. Кибальчич описав конструкції ракет та принципи побудови ракетної техніки. Він також розробив проект космічного апарату для польоту людини.

Рис. 4. Микола Кибальчич



Надіючись докорінно змінити існуючий державний устрій, він створив бомбу, якою у 1881 р. народовольці підірвали царя Олександра II. Кибальчича заарештували.

За кілька днів до страти, перебуваючи у камері, винахідник розробив проект реактивного літаючого апарату, в якому запропонував дозовану подачу палива у камеру згорання та виготовив креслення реактивного двигуна (рис. 5).

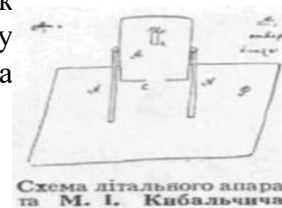


Рис. 5. Креслення реактивного двигуна

На честь Кибальчича названі: кратер на зворотному боці Місяця, вулиці у Києві, Житомирі, Москві та Калузі; житловий масив у Києві. У Коропі встановлено пам'ятник Кибальчичу, у його реконструйованому будинку відкрито музей [3].

Костянтин Едуардович Ціолковський - батько космонавтики

Народився він 17 вересня 1857 року у Росії. Його предки — вихідці з Волині, далекі родичі гетьмана Северина Наливайка, чим вчений пишався.

Ціолковський вивів формулу - «формула Ціолковського», що встановила співвідношення між:

$$\frac{V}{c} = \frac{1 - \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^2}{1 + \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^2}$$

M_2 [4].

- швидкістю ракети в будь-який момент,
- масою ракети M_1 ,
- масою підривних речовин

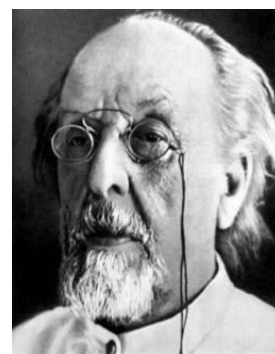


Рис. 6. К. Е. Ціолковський

Місячна траса Юрія Кондратюка

В СРСР про талановитого інженера Юрія Кондратюка (рис. 8) і роль його книжки «Завоювання міжпланетних просторів» (рис. 7) у висадці першої людини на Місяць дізналися 1969 року з інтерв'ю розробника американської місячної програми Джона Буллока журналу «life» [5].

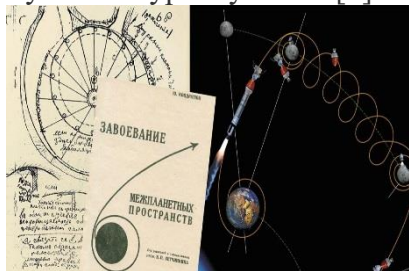


Рис. 7. Книга та місячна траса Кондратюка

Траса Кондратюка— найбільш енергетично вигідна траса космічного польоту на Місяць з планети Земля. Равликова траєкторія польоту космічного корабля на Місяць була використана американцями у проекті «Аполон» [6].



Рис. 8. Юрій Кондратюк

Наш земляк В. І. Вознюк та його роль у світовій космонавтиці



Василь Іванович Вознюк (рис. 9) — народився на Вінниччині у містечку Гайсин 20 грудня 1906 року –помер м. Волоград 12 вересня 1976 року. Був призначений першим начальником ракетного полігону «Капустин Яр» та обіймав цю посаду протягом 27 років.

Рис. 9. Василь Іванович Вознюк

Вознюк неодноразово був головою і членом Державних комісій при запусках нових зразків ракетного озброєння і штучних супутників Землі. Саме він у 1954 році очолював Державну комісію з вибору місця для космодрому «Байконур» [7].

Генеральний конструктор ракетно-космічних систем Сергій Павлович Корольов

С. П. Корольов (рис. 10) (1906—1966) — український радянський вчений у галузі ракетобудування та космонавтики, конструктор. Основоположник практичної космонавтики. Сергій Павлович ще в студентські роки перейнявся ідеями Ціолковського та студіював його працю «Реактивний аероплан»



Рис. 10. Сергій Павлович Корольов

Місії, які проводилися під керівництвом Корольова:

- 4 жовтня 1957 р. запущено перший в історії штучний супутник Землі.
- 12 квітня 1961 р. здійснено перший політ людини у космос.
- 12 жовтня 1964 виведено на орбіту перший багатомісний корабель серії «Восход» з екіпажем на борту.
- 18 березня 1965 космонавт Леонов уперше в історії виходить із корабля «Восход-2» у відкритий космічний простір [8].

Космічні здобутки незалежної України.

Україна — визнана у світі космічна держава. Вона належить до числа провідних країн на ринку космічних послуг і технологій. Провідним центром серед них є конструкторське бюро «Південне» та виробниче об'єднання «Південний машинобудівний завод» у м. Дніпрі. Там створюють та серійно виробляють ракети-носії, космічні апарати, системи керування, орієнтації і траєкторних вимірювань. Великими досягненнями українських фахівців, стало створення космічних апаратів «Січ-1» «Океан-О», «АУОС» та «Мікрон», ракетоносіїв «Зеніт3SL», «Дніпро», «Циклон-3» і т. д.



Рис. 11. Південний машинобудівний завод в м. Дніпро

Україна бере участь у міжнародних проектах зі створення носіїв Antares та VEGA. Підприємства зробили значний внесок для розвитку світової космічної науки. Зокрема, на Південному машинобудівному заводі в Дніпрі сконструйовано і виготовлено понад 400 штучних супутників Землі [9].

Україна планує запуснути вісім супутників на орбіту до 2025 р. (рис. 12). Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма на 2021-2025 роки передбачає виведення на орбіту 8 українських супутників. Про це 10.01.2022 р. повідомив голова Державного космічного агентства України (ДКАУ) Володимир Тафтай.

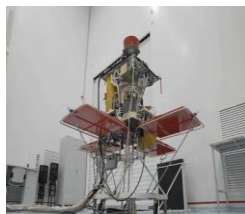


Рис. 12. Січ 2-30-один з восьми супутників, виведений в космос 13.01.2022 р.

У програмі є три магістральні напрями:

- створення космічних систем спостереження Землі та потужної ракетної техніки,
- впровадження новітніх космічних технологій на ринку послуг;
- масштабні дослідження та розробки.

Вивести вісім українських супутників на орбіту: (рис. 12)

- один апарат середньої просторової роздільної здатності,
- шість апаратів – високої - до 1 метра,
- один – надвисокої роздільної здатності - до 0,5 метра.

За його словами керівника ДКАУ, передбачається також:

- ✚ створення ракетно-космічних комплексів важкого класу (Зеніт-7Н),

- ✚ створення ракети-носія середнього класу ("Циклон-4М")
- ✚ та легкого класу – «Циклон 1»,
- ✚ розробка комплексу надлегкого класу.

Крім того, в рамках реалізації програми планується:

- ❖ серійне виготовлення складових ракет-носіїв "Антарес" та "Вега",
- ❖ створення космічних систем моніторингу навколоремного космічного простору,
- ❖ створення апаратів для дослідження іоносфери та атмосферного аерозоллю,
- ❖ створення новітніх приладів для участі в міжнародних проектах спільно з космічним агентством NASA.

Заплановано:

- ✓ створення Місячного модуля,
- ✓ проектування та розробка засобів для Місячної місії,
- ✓ проектування та розробка систем та приладів для перспективної Місячної місії у рамках міжнародного проекту "Артеміда" [10].

Україна та Канада приступають до будівництва космопорту

19 листопада 2021 року в Канаді анонсували початок будівництва космічного пускового майданчика за участю України та Канади (рис. 12). Про це розповів голова Державного космічного агентства України Володимира Тафтай.

Проект передбачає:

- створення на атлантичному узбережжі провінції Нова Шотландія комерційного космодрому для ракети-носія "Циклон-4М",
- розробку та виробництво на українських ДП "КБ "Південне" та ДП ВО "Південний машинобудівний завод".

Проект буде реалізовуватиме канадська компанія Maritime Launch Services Ltd (MLS) [11].



Рис. 13. Підписання Космічними агенціями України та Канади заяву про партнерство.

Висновок. Досліджуючи цю тему я зрозумів, який значний внесок зробили українці у розвиток космонавтики. Україна справді ракетно - космічна держава.

Україна – є і буде космічною державою, з багатим минулим та впевненим потенціалом на майбутнє. Українцям дійсно є, чим пишатися! Україна відроджується після нав'язаної рашистами війни.

Планую надалі вивчати астрономію, займатися космічними ІТ технологіями, працювати на славу і могутність нашої держави. СЛАВА УКРАЇНІ!!!

Список використаних джерел:

1. Ракета. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ракета>

2. Засядько. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Засядько_Олександр_Дмитрович
3. Кибальчич Микола Іванович. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Кибальчич_Микола_Іванович
4. К. Е. Ціолковський батько космонавтики. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ціолковський_Костянтин_Едуардович
5. Місячна траса Юрія Кондратюка. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2254054-najoptimalnisu-trasu-polotu-do-misaca-obrahuvav-nas-spivviticznik.html
6. Місячна траса Юрія Кондратюка. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Траса_Кондратюка
7. Наш земляк В. І. Вознюк та його роль у космонавтиці URL: Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вознюк_Василь_Іванович
8. Генеральний конструктор ракетно-космічних систем С.П. Корольов. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Корольов_Сергій_Павлович
9. Космічні здобутки незалежної України URL:
10. Україна планує запустити вісім супутників на орбіту до 2025 року. URL: <https://gordonua.com/news/science/ukraina-planiruet-zapustit-do-2025-goda-vosem-sputnikov-glava-goskosmosa-1590182.html>
11. Україна та Канада приступають до будівництва космопорту. URL: <https://censor.net/ru/n3309190>.

UKRAINE ROCKET

Mykola Chernenko - a member of the Vinnytsia OCTTUM.

The historical and modern role of my compatriots and my homeland in the development of the theory of space flights, rocket and space technology and space exploration is considered.

Key words: space, rockets, design, orbits, astronomy.

AVIATION, ROCKET SPACE AND ASTRONOMICAL VINNYTSIA Story for my English-speaking friends

Anna Terentieva - member of the astronomical circle of Vinnytsia OCTTUM, a student of the 11th grade of Vinnytsia Humanitarian Lyceum №1 named after Mykhailo Ivanovych Pyrohov

This work is discovered about events and people who played a significant role in the development of astronomy, aeronautics and astronautics. They took place, were born, lived or worked in the center of Podillya, in Vinnytsia region. The story in English will help English-speaking people to gain knowledge about Vinnytsia on this interesting space topic, and Ukrainians will learn more about their motherland and improve their English or communicate with it on the topic I covered.

Key words: astronomy, asteroid, astroblema, rocket space, aviation, comet, scientific research.

Ukraine is a space country!

Ukrainians constantly participate in international programs, develop and manufacture space vehicles.

We have lots of things to be proud of!

Ukraine has established itself as a space power at the very origins of astronautics as such. Our compatriots still achieve significant success today. I am proud to say that the city in which I live is a vital part of our space state!

Names of Vinnytsia residents on the map of the Universe



Cosmic bodies named after the people of Vinnytsia revolve around the Sun. They all rotate in the main belt of asteroids, between Mars and Jupiter. The names of five asteroids are connected with Vinnytsia region.

Three of them namely 13904 Univinnitsia, 2506 Pirogov and 13906 Shunda were discovered at the Crimean Astrophysical Observatory in the village of Scientific [1].

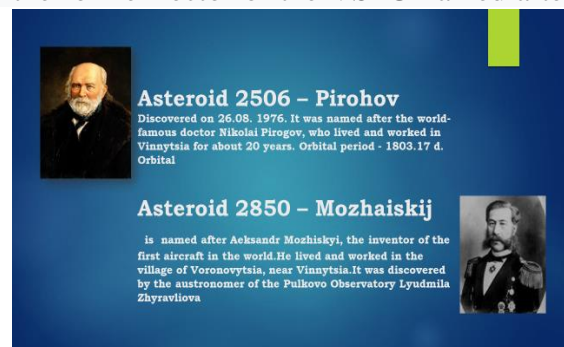
Asteroid 13904 - UNIVINNITSIA was discovered on 03.10. 1975, and named after Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynsky (Fig. 1).

Since 12 April, 2012, it takes place at the VSPU, named after Mykhailo Kotsybybskyi dedicated to the World Aviation and Astronautics Day. It is attended by students and teachers of Ukrainian universities, as well as by us young-astronomers of the Academy of Sciences of Ukraine [2].



Asteroid 13906 - SHUNDA – is named after the former rector of the VSPU named after Mykhailo Kotsyubynskyi Nikifor Shunda, who headed this institution for 29 years. It was discovered on August 20, 1977 (Fig. 2) [3].

Asteroid 2506 – PIROHOV was discovered on 26.08. 1976. It was named after the world-famous doctor Nikolai Pirohov, who lived and worked in Vinnytsia for about 20 years. The orbital period is 1803.17 d. Orbital inclination – is 2, 16°. Its magnitude is + 11.8 (Fig. 3) [4].



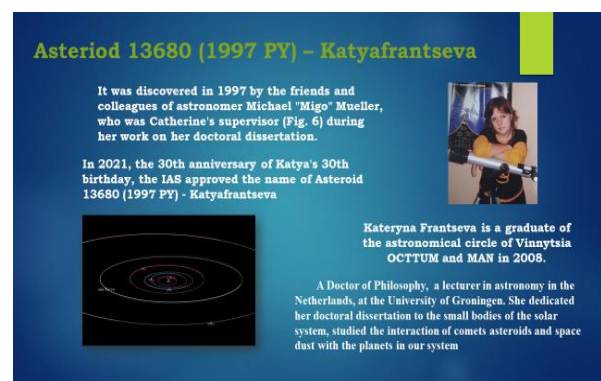
Asteroid 2850 – Mozhaiskij was named after Alexander Mozhaiskij, the inventor of the first aircraft in the world. The scientist lived and worked in the village of Voronovytisia, near Vinnytsia. The asteroid was discovered by the astronomer of the Pulkovo Observatory Lyudmila Zhuravlyova (Fig. 4) [5].

Asteroid 13680 (1997 PY) Katyafrantseva
It was discovered in 1997 by the friends and colleagues of astronomer Michael "Migo" Mueller, who was Catherine's supervisor (Fig. 5) of her doctoral dissertation.

I am proud to say, that Kateryna Frantseva is a graduate of the astronomical circle of Vinnytsia OCTTUM and MAN in 2008.

A Doctor of Philosophy, a lecturer in astronomy in the Netherlands, at the University of Groningen. She dedicated her doctoral dissertation to the small bodies of the solar system, studied the interaction of comets, asteroids and space dust with the planets in our system.

In 2021, to commemorate the 30th anniversary of Katya's birthday, the IAS approved the name of Asteroid 13680 (1997 PY) - Katyafrantseva (Fig. 6) [6].



Ilyinets astroblema - is a geological phenomenon of Vinnytsia region

Ilyinets astroblema is a unique crater in Podolia, which was formed there about 400 million years ago as a result of a collision between the nucleus of a comet or asteroid with the solid rocks that make up the Ukrainian Crystal Shield [7].



According to scientists, this space body weighed about 40 million tons and could reach 300 -400 m in diameter weighed about 40 million tons and could reach 300 -400 m in diameter.

Vinnytsia was chosen as a venue for KAMMAK conferences, in particular because the oldest star found in Europe, the astroblema, is located nearby.

The initial diameter of the crater was about 7 km, its depth is up to 800 m.9 (Fig.7) [8].

In the photo you can see A. A. Walter explaining the origin of the impact diamonds to the student of our Lyceum Bohdan Danilchuk during “KAMMAK” (Fig. 8)

It is impossible not to tell you about one of the most interesting places of my town – the planetarium.

The Planetarium is a center for the astronomical and space knowledge promotion

There are only 5 stationary planetariums in Ukraine, and one of them works in Vinnytsia. Here the stars become closer, and the unlimited universe reveals its secrets to us. Here you can admire the starry sky during the day and in any weather (Fig. 9).



September 2015. The first cosmonaut of independent Ukraine Leonid Kadenyuk congratulates Vinnytsia residents on the 50th anniversary of Vinnytsia Planetarium (Fig. 10).

The optical-mechanical device "Planetarium" will help you to touch the stars. Planetarium sessions are a set of popular scientific and popular science programs and entertainment programs in astronomy and science that will interest children and adults.

The pherical films are also shown in foreign

languages (English, Polish, etc.)

My native city«Space» squares, fountains and murals

One of the central squares of our city is named after the world's first astronaut Yuri Gagarin. Although Yurii Haharin has never been to our city, he is its Honorary Citizen.

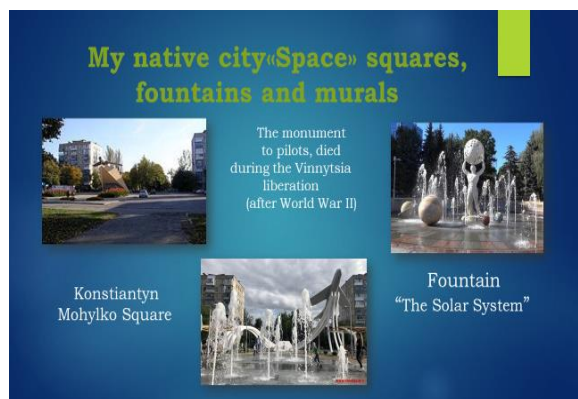
On Cosmonauts Avenue. People call it simply " The Plane". It was opened in 1969. An astronaut Georgy Timofeiochich Berehovyi, a native of Ukraine, was invited to the ceremony in March 1944 he commanded a squadron of the aviation regiment, which liberated Vinnytsia (Fig. 11).

October, 1968, Georgy Timofeevich successfully piloted the Soyuz-3 spacecraft, for which he was awarded the second Gold Star medal of the Hero of the Soviet Union.

Berehovyi (1921 - 1995) is a cosmonaut pilot, a liberator and an honorary citizen of Vinnytsia

This project with a real combat aircraft, which seems to take off into the sky from the pedestal, was made by an architect Roman Marchel [9].

50 years later, the concrete pedestal was replaced with a metal one, and the area around it was named after the pilot - Hero of Ukraine Konstantyn Mohylko, who died on 6 June, 2014 in the anti-terrorist operation zone (Fig. 12).



Cosmonauts Avenue, which adorns the picturesque area with a delicious name Vyshenka is one of the most favorite resting places of Vinnytsia residents and guests. In 2017 that a unique art object The Solar System Fountain appeared (Fig. 13).

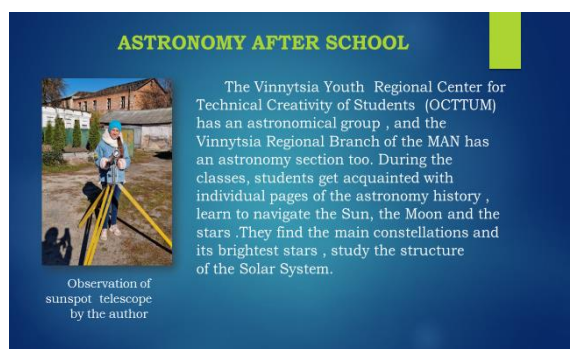
There is a sculpture of Athlas holding the Sun (openwork, lattice, almost airy design in the center of the composition..There are Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune and Pluto around it [10].

At dusk, the backlight turns on, that creates an incredible effect! The author of the idea is the architect Natalia Kotoshchuk. The planetary system was directly made by the artist - restorer Alexander Bokov. Atlanta was created by the sculptor Vladimir Ovrakh

In 2021 in Vinnytsia, on Cosmonauts Avenue, 39 the mural "Space Dreams" was completed. The mural was created as part of the VIN ART CITY project. In total, 5 space-themed murals will appear in Vinnytsia. In common, 5 space-themed murals will appear in Vinnytsia later.

The wall of the high-rise depicts an astronaut holding planets in the Solar System that come together like balloons [11].

In a such way- clearly young, talented and hard-working Vinnytsia residents are trying to decorate our lives and draw attention to the eternal and mysterious space. The mural reflects the lofty dreams and thoughts of the modern youth.



My story would not be complete if I did not say that: the Vinnytsia Youth Regional Center for Technical Creativity of Students (OCTTUM) has an astronomical group, and the Vinnytsia Regional Branch of the MAN has an astronomy section too. During the classes, students get acquainted with individual pages of the astronomy history, learn to navigate the Sun, the Moon and the stars. They find the main constellations and its brightest stars, study the structure of the Solar System (Fig. 14).

We take part in various quizzes, brain-rings, excursions, entertainments and competitions, prepare for regional and All-Ukrainian competitions, observe the starry sky with a telescope and with the help of virtual programs.

During the classes, students get acquainted with individual pages of the history of astronomy, learn to navigate the Sun, Moon and navigation stars, find the main constellations and the brightest stars in them, study the structure of the solar system.

Pupils of the circle receive the appropriate competencies to prepare research projects on astronomical and space topics.

Astronomical conferences and competitions for circles and deceivers are the steps of our success, our formation, involvement in science and self-affirmation.

In order to learn the astronomical and cosmic events of the past, to make real plans for the future, you need to know the basics of astronomy and astronautics, information technology, geography and geology, logistics, tourism and souvenir business, rights, virtues, etc., and the main native and English languages - the basics of learning and communication.

The novelty of my work is that no one before me described the astronomical and space events of Vinnytsia in two languages at once: in my native Ukrainian and in the language of international communication - English.

Unfortunately, it is a war in Ukraine. But I believe that when it ends with our victory, my Vinnytsia will be an aviation, rocket space and astronomical city!

Список використаних джерел:

1. Список астероїдів, назви яких пов'язані з Україною. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_астероїдів,_назви_яких_пов'язані_з_Україною.
2. **13904 Унівінниця**. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/13904_Унівінниця
3. **13906 Шунда**. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/13906_Шунда
4. **2506 Пирогов**. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/2506_Пирогов
5. 2850 – Можайський. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/2850_Можайський
6. Катя Францева. URL: <https://hromadske.ua/posts/kosmichnij-pil-kometi-j-ceglinki-zhittya-chomu-hvilyuyetsya-katerina-franceva-na-chest-yakoyi-nazvali-asteroyidhttps>
7. Іллінецький кратер. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Іллінецький_кратер
8. Ударні кратери на території України. URL: <https://planet.org.ua/new/udarni-krateri-na-teritoriyi-ukrayini/>
9. Народний музей почесних громадян м. Вінниці – Вінниця: Консоль, 2005. – Б/н.
10. Про фонтан Сонячна система у Вінниці. URL: http://moreinfo.ua/ua/vinnica/_place/fontan_-_solnechnaja_sistema
11. На проспекті Космонавтів завершили мурал «Космічні мрії». URL: <https://www.vinnitsa.info/news/na-prospekti-kosmonavtiv-zavershyly-mural-kosmichni-mriyi-foto.html>

ВІННИЧЧИНА АСТРОНОМІЧНА ТА АЕРОКОСМІЧНА, розповідь англomовним друзям

Anna Terentieva - a member of the astronomical circle of Vinnytsia OСТТУМ.

В роботі йдеться про події та людей які зіграли визначну роль у розвитку астрономії, повітроплавання та космонавтики. Вони відбувалися, народились чи жили або творили в центрі Поділля, на Вінниччині. Розповідь англійською допоможе англomовним людям отримати знання про Вінниччину на цю цікаву космічну тематику, а українцям більше дізнатися про рідний край та вдосконалити англійську чи поспілкуватися нею на висвітлену мною тему.

Ключові слова: астрономія, астероїд, астроблема, astronomy, asteroid, astroblema, ракетний космос, авіація, комета, наукові дослідження.

ЛІНІЯ КАРМАНА

Вікторія Вештак, вихованка астрономічного гуртка ОСТТУМ, учениця 9 класу Вінницького ліцею №30 імені Тараса Шевченка

У статті йдеться про вивчення лінії Кармана та її відкриття Теодором фон Карманом. Про те, що собою являє ця умовна лінія між атмосферою Землі та космосом та в чому її значення.

Ключові слова: лінія Кармана, Теодор фон Карман, атмосфера, політ, супутник.



Поглиблено вивчаючи астрономію дізнаюся, які бар'єри потрібно здолати щоб дістатись до космосу, про особливості фізичних умов на інших космічних тілах та можливість життя на них, аналізую особливості існування умовної лінії, яка розділяє атмосферу Землі та космосу, а також можливості існування подібної на інших тілах Сонячної системи. Мене вразила можливість умовного визначення та значення цієї

незвичайної лінії. Адже, якщо не перетнути цієї лінії, а ще не здійснити орбітальний обліт Землі, то вважається, що ти не потрапив у космос. Саме тому невдалі польоти у космос називають «стрибками» у нього.

Лінія Кармана-це кордон між атмосферою Землі і космосом. Домовились вважати, що вона розташована на 100-кілометровій висоті, де щільність повітря настільки низька, що літаючий апарат, з як завгодно великим крилом, повинен рухатися з першою космічною швидкістю – 7,9-8 км/с, щоб не впасти на Землю.

Межа космосу, її розташування та значення?

Космічні кораблі вирушають у космос, рекордними темпами у цій галузі почав розвиватись туризм. Проте, щоб «вважалось», що ви побували у космосі, треба подолати його межу. За цей кордон приймається так звана лінія Кармана. Вона знаходиться на висоті близько 100 км над поверхнею Землі, зазвичай її вважають місцем, де закінчується сила тяжіння Землі і починається космічний простір (рис. 1).



Рис. 1. Місце розташування лінії Кармана

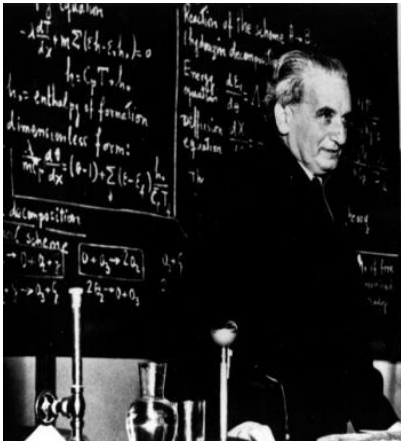
Що таке лінія Кармана?

Лінія Кармана приблизно зазначає висоту, де традиційні літаки більше не можуть літати. Все, що рухається вище за лінію Кармана, потребує силової установки, яка не покладається на підйомну силу, створювану атмосферою Землі — повітря на такій висоті надто розріджене. Його щільність настільки мала, що будь-який апарат, який утримується в повітрі аеродинамічними силами, вже має летіти з першою космічною швидкістю.

Інакше кажучи, лінія Кармана — те місце, де змінюються фізичні закони, керуючі здатністю корабля літати.

Про те, на якій висоті розташовується початок космосу, вчені сперечалися ще до того, як на орбіту вирушив перший космічний корабель.

Дослідження лінії Кармана



Цю висоту визначив Теодор фон Карман (рис. 2), звідси і її назва. Це було встановлено шляхом обчислення висоти, на якій щільність атмосфери стає настільки низькою, що швидкість літака для досягнення аеронавігаційного підйому за допомогою крил і гвинтів повинна бути порівнянна з орбітальною швидкістю цієї ж висоти.

Рис. 2. Теодор фон Карман

Він першим визначив, що приблизно на цій висоті атмосфера стає настільки розрідженою, що авіація стає практично неможливою, оскільки швидкість літального апарату, необхідна для створення достатньої підйомної сили, стає більшою першої космічної швидкості. Тому, для досягнення більшої висоти необхідно користуватися засобами космонавтики.

Де закінчується атмосфера?

Атмосфера - газова оболонка, що оточує планету Земля (геосфера). Внутрішня її поверхня покриває гідросферу і частково кору, зовнішня межує з навколосемною частиною космічного простору.

Сукупність розділів фізики та хімії, які вивчають атмосферу, прийнято називати фізикою атмосфери.

Атмосфера визначає погоду на поверхні Землі, вивченням погоди займається метеорологія, а тривалими варіаціями клімату – кліматологія [3].

Шари атмосфери Землі

Від поверхні Землі вгору ці шари розташовуються так:
Тропосфера, Стратосфера, Мезосфера, Термосфера,
Екзосфера (рис.3).

Рис. 3. Розташування шарів земної атмосфери [4]

Альтернативні межі космосу

Перші повноцінні публікації про межі космосу було зроблено Ендрю Галлахером Хейлі — першим у світі практиком космічного права.

На початку 1960-х років Хейлі застосував критерії фон Кармана (орбітальні сили, що перевищують аеродинамічні), більш конкретно, визначивши, що фактична межа космосу знаходиться на висоті близько 80 км над Землею. Ця висота є найдальшим фізичним кордоном атмосфери Землі і де зазвичай згоряють метеори. З погляду історика космічних польотів Макдауелла, менша висота є точнішою, і межа між Землею і космосом не повинна бути довільною — вона має бути заснована на фізиці [5].

Канадці вирішили визначити точку, яка розділяє відносно слабкі вітри земної атмосфери і космічні вітри, коли частки мчать зі швидкістю до 1000 км/год. У 2007 році з цією метою до кордону космосу було відправлено прилад *Supra - ThermallImager*. За підсумками вивчення «міжпланетної погоди» з'ясувалося, що межа космосу знаходиться за 118 км від Землі [6].

До цього існувало кілька версій межі космічного простору. Крім описаних мною вище, зауважу: «Американські вчені в свою чергу називають значення в 122 кілометри, оскільки їхні „Шаттли” саме на цій позначці замість маневрування двигунами вони переходять на маневрування з „опорою” на повітряні маси».

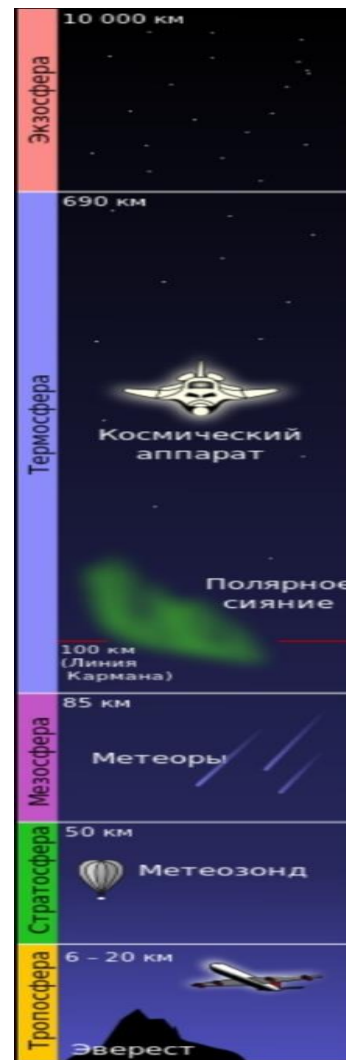
Висновок. Визначення лінії Кармана має велике значення не тільки для астрономії, воно послужило для розвитку багатьох галузей фізики, стало принциповим для космонавтики. Її вивчення дає можливість досліджувати властивості атмосфери Землі та космосу. Ми на порозі нових цікавих астрономічних та космічних звершень.

Проаналізувавши різні погляди на встановлення висоти, яку варто вважати межею космосу, розумію, що це питання по сьогоднішній день продовжує бути дискусійним.

Вважаю, що це підтверджує важливість лінії Кармана. Її значення не просто прийняли і використовують, а вивчають, оспороюють, дискутують, визначають, вимірюють, обчислюють, намагаючись змінити в ту чи іншу сторону.

Законодавчого обмеження яке б накладала лінія Кармана немає, але воно виникає у міру просування у висоту польоту та в глибину питання, адже стикаються різні комерційно – туристичні, авіаційні та космічні інтереси що до визначення це космічний політ чи стрибок у космос, для цього служить встановлена лінія Кармана.

Список використаних джерел:



1. Науковці розповіли, що таке межа космосу і де вона проходить. URL: <https://gsminfo.com.ua/72850-naukovczi-rozpovily-shho-take-mezha-kosmosu-i-de-vona-prohodyt.html>
2. Теодор фон Карман. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Теодор_фон_Карман
3. Лінія Кармана. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Лінія_Кармана
4. Атмосфера Землі. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Атмосфера_Землі
5. Лінія Кармана. URL: https://uk.wikitrev.com/wiki/К%С3%A1rm%С3%A1n_line
6. Межі космосу знаходяться у 118 кілометрах над Землею. URL: <https://p-p.com.ua/news/5904/>

KARMAN'S LINE

Viktorija Veshtak - member of the Vinnytsia RCTCSY astronomical circle.

The article deals with the discovery, study of Karman's line and Theodor von Karman. What is this conditional line between the Earth's atmosphere and space and why this line got its name.

Key words: Karman line, Theodor von Karman, atmosphere, flight, satellite.

НАЙДАВНІШІ ОБСЕРВАТОРІЇ СВІТУ

Вероніка Приймак – студентка 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського

Аміна Пальченко – студентка 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського

У роботі розглянуто найдавніші обсерваторії світу та їх роль у розвитку астрономії.

Ключові слова: астрономія, обсерваторія, небесні тіла, галактика, наука.

Астрономія – це наука про Всесвіт, яка вивчає небесні тіла та їх рух, а також процеси, які відбуваються в космосі. Одним з найважливіших інструментів, які допомагають науковцям отримувати дані про небесні тіла, є саме обсерваторії. Ці будівлі засновані для спостереження за зірками, планетами та іншими об'єктами на небі, що дозволяє вивчати їх характеристики та рух.

Найдавніші обсерваторії світу були засновані ще в давні часи, коли астрономія була на стадії свого становлення. З тих пір багато обсерваторій було збудовано в різних країнах світу, що дозволяють вченим продовжувати дослідження небесних тіл та розширювати нашу відповідь на питання про те, що перебуває на небі.

Обсерваторія – це місце, призначене для спостереження небесних тіл. Це може бути будь-яка структура, яка забезпечує доступ до чистого неба та міцної опори для телескопів або інших приладів.

Обсерваторії можуть бути розташовані як на землі, так і в космосі. На землі вони можуть бути побудовані на високих горах або віддалених від міст регіонах з мінімальним забрудненням повітря та світловим смогом. У космосі обсерваторії можуть бути розташовані на штучних супутниках, які обертаються навколо Землі або інших планет. Обсерваторії зазвичай використовуються для дослідження планет, зірок, галактик, космічних об'єктів та інших астрономічних явищ.

Вони можуть бути використані для вивчення різних аспектів космічного простору, від метеоритів до темної матерії та екзопланет. В даний час на світі існує безліч обсерваторій, які використовуються в дослідженнях космосу.

Будова обсерваторії може залежати від її призначення й розміру. Зазвичай обсерваторії складаються з основної споруди, в якій знаходиться телескоп та інші прилади для збору даних, а також з прилеглих будівель, які використовуються для житла дослідників та підтримки обладнання.

Основною складовою будови обсерваторії є телескоп, який дозволяє спостерігати небесні тіла та збирати дані про них. Телескоп може бути різного типу та розміру, залежно від цілей дослідження.

Наприклад, можуть використовуватися оптичні телескопи з високою роздільною здатністю, радіотелескопи для спостереження радіохвиль, інфрачервоні телескопи тощо.

Для обробки отриманих даних та зберігання результатів досліджень, обсерваторії також можуть мати спеціальні приміщення для комп'ютерів та інших пристроїв.

Крім того, обсерваторії можуть бути оснащені спеціальними пристроями для діагностики та ремонту обладнання, а також для житла дослідників, які працюють на обсерваторії.

Однією з найстаріших обсерваторій світу є Лейденська обсерваторія (рис.1). Лейденська обсерваторія належить Лейденському університету і займає площу близько 1 гектара. На обсерваторії працюють вчені з різних країн, в тому числі Європи, Азії та Америки.



Рис. 1. Лейденська обсерваторія

Обладнання обсерваторії включає різноманітні телескопи, включаючи один з найбільших телескопів у світі – Dutch Open Telescope, а також Лейденський телескоп, що використовується для дослідження галактик та космічних об'єктів.

Лейденська обсерваторія відома своїми досягненнями в багатьох галузях астрономії, включаючи дослідження зоряних систем, галактик та космічних променів. Тут працювали такі видатні вчені, як Кристіан Гюйгенс, Віллем де Сіттер та Ян Оорт. Де Сіттер вважав, що обсерваторія заслуговує подальшого розвитку. Та у дев'ятнадцятому столітті було витрачено значну кількість часу на підвищення точності визначення положення зірок. До 1920 року були доступні різні надійні каталоги, особливо для північного неба. Однак положення в основному були отримані за допомогою меридіанних інструментів, які могли дати дуже точні прямі сходження, та відносно малі відхилення. Окремі телескопи забезпечували послідовні та, здавалося б, точні відхилення, але могли бути досить великі відмінності - до секунди кута і більше - від телескопа до телескопа. Передбачалося, що ці відмінності пов'язані з вигином телескопа і заломленням. Саме Лейденська обсерваторія

більше всіх стародавніх обсерваторій займалася дослідженнями зоряної динаміки та галактичної структури.

У Лейденській обсерваторії також функціонує музей астрономії, де можна ознайомитися з історією астрономії та побачити різноманітні інструменти, що використовувалися в минулому.

До відносно старих обсерваторій можна також віднести Лікську обсерваторію (рис.2). Лікська обсерваторія (Lick Observatory) - це астрономічна обсерваторія, розташована на вершині гори Гамільтон в Каліфорнії, США. Вона була заснована у 1888 році і названа на честь Джеймса Ліка, який надав значну фінансову підтримку для її створення.



Рис. 2. Лікська обсерваторія

Лікська обсерваторія має декілька телескопів, зокрема 3-метровий телескоп Шейнера (Shane telescope), який був запущений в експлуатацію в 1959 році. Цей телескоп є одним з найбільших в світі, які доступні для наукових досліджень.

Лікська обсерваторія була дуже важливою для розвитку астрономії, особливо у перші десятиліття після її заснування. Учені, які працювали на обсерваторії, досліджували планети, зірки, галактики та інші космічні об'єкти, вносячи значний вклад у нашу розуміння Всесвіту. У Лікській обсерваторії виконано багато астрономічних досліджень світового рівня. Тут, наприклад, було розпочато визначення променевої швидкості зір з метою визначення руху Сонця в Галактиці.

Сьогодні Лікська обсерваторія є однією з найбільш відомих та популярних обсерваторій в світі. Вона працює у тісному співробітництві з науковими установами та іншими обсерваторіями по всьому світу для проведення високоякісних наукових досліджень [1].

Однією з найдавніших обсерваторій також є археоастрономічний комплекс Чанкільо в Перу — сонячна обсерваторія і церемоніальний центр, якому 2300 років (рис. 3). Комплекс використовував сонячний цикл і штучний горизонт, щоб визначити сонцестояння, рівнодення і будь-яку іншу дату в році. Тринадцять башт Чанкільо побудовані в напрямку з півночі на південь вздовж довгого пагорба на рівній відстані одна від одної. Разом вони утворюють зубчастий горизонт з вузькими зазорами однакової ширини. На сході і на заході від ланцюга археологи виявили дві точки спостереження. При спостереженні з цих точок 300-метровий ланцюг веж відображає положення сходу і заходу сонця в році.

Вважається, що це найдавніша сонячна обсерваторія на території обох американських континентів. Вона не має аналогів у світі.

Чхомсонде (корейською : буквально «вежа, що спостерігає за зірками») — астрономічна обсерваторія в Кенджу, Південна Корея. Чхомсонде — найстаріша збережена астрономічна обсерваторія в Азії і, можливо, навіть у світі. Була побудована в 632-647 роки. Угорі є два яруси Чонджа-со, і припускається, що на ньому був розміщений прилад спостереження. Вважається, що кількість і розташування каменів у Чхомсонде представляють різні історичні та астрономічні фігури. Центральний отвір або вікно розділяє тіло на 12 шарів каменів зверху та знизу, символізуючи 12 місяців у році та 24 сонячні терміни . Крім того, 12 каменів, які складають стилобат, також можуть вказувати на 12 місяців [6].



Рис. 3. Обсерваторія Чанкільо

В Україні також є дуже старі обсерваторії. Так, наприклад, Миколаївська обсерваторія (рис. 4) є однією з найстаріших у Східній Європі. Обсерваторія була заснована у 1821 та наразі є одним з найбільших наукових центрів України в галузі астрономії. У своєму складі вона має різноманітні телескопи та прилади для дослідження космосу, а також лабораторії для проведення наукових досліджень [2].



Рис. 4. Миколаївська обсерваторія

Наукова діяльність Миколаївської обсерваторії охоплює широкий спектр напрямків в галузі астрономії, таких як вивчення зоряного неба, дослідження планет і супутників, астрофізика, галактики та космічні тела. Обсерваторія також займається викладанням астрономії для студентів та школярів, організує науково-популярні заходи та екскурсії для широкої громадськості.

Миколаївська обсерваторія є важливим науковим центром України в галузі астрономії, який вносить значний внесок у розвиток науки та технологій в країні. Також у список найстаріших обсерваторій України можна віднести Львівську обсерваторію. Львівська обсерваторія – це науково-дослідний заклад, заснований у 1871 році у місті Львів, Україна [3].

Основною метою Львівської обсерваторії є вивчення космічного простору, астрономічних явищ та процесів, що відбуваються в ньому. В обсерваторії проводяться дослідження з різних галузей астрономії, таких як астрофізика, космологія, астрономічна фотометрія та спектроскопія.

Львівська обсерваторія (рис. 5) має кілька наукових інструментів, зокрема, великий телескоп з діаметром дзеркала 60 см, який використовується для спостережень планет, зірок та галактик. Також в обсерваторії є різноманітні прилади для вимірювання атмосферних параметрів, таких як температура повітря, вологість, тиск та інші.

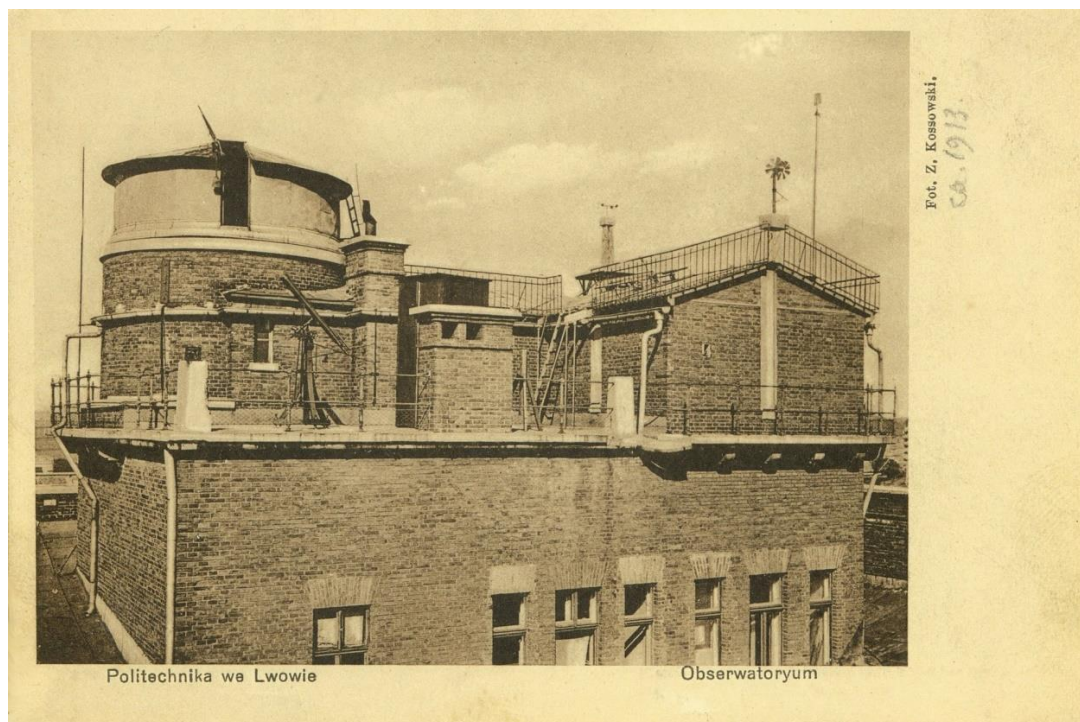


Рис. 5. Львівська обсерваторія

Наукові дослідження, які проводяться в Львівській обсерваторії, спрямовані на розвиток астрономії та космічних наук. Результати досліджень використовуються в різних галузях, таких як космічна техніка, астрономічна фізика, геофізика та інші [5].

Висновки. Отже, найстаріші обсерваторії світу показують, що наука та технологія відігравали важливу роль в історії людства вже більше тисячі років. Будучи дивовижними інженерними спорудами, обсерваторії допомагали людям вивчати космос та розуміти природні явища.

Їхній досвід та знання передалися з покоління в покоління, допомагаючи нам зрозуміти більше про наш Всесвіт. Сьогодні, з новими технологіями та інструментами, наука продовжує розвиватися, але наші корені віддзеркалюються в давніх обсерваторіях та їхніх досягненнях.

Список літературних джерел:

1. Лікська астрономічна обсерваторія. URL: [http://www.astrosvit.in.ua/profesiina-
astronomiia/dokladnishe-pro-liksku-astronomichnu-observatoriui](http://www.astrosvit.in.ua/profesiina-
astronomiia/dokladnishe-pro-liksku-astronomichnu-observatoriui) (дата звернення: 23.03.2023).
2. Миколаївська астрономічна обсерваторія.
URL: http://www.nao.nikolaev.ua/index.php?language_id=3 (дата звернення: 23.03.2023).
3. Миколаївська обсерваторія.
URL: <https://tsdea.archives.gov.ua/exhibitions/unesco/doc/pretendentu/mukolaivskaobserv.php> (дата
звернення: 23.03.2023).
4. Астрономічна обсерваторія. URL: http://payservices.lnu.edu.ua/?page_id=432 (дата звернення:
23.03.2023).
5. Львівська астрономічна обсерваторія. URL: [http://www.astrosvit.in.ua/profesiina-
astronomiia-2/lvivska-astronomichna-observatoriia](http://www.astrosvit.in.ua/profesiina-
astronomiia-2/lvivska-astronomichna-observatoriia) (дата звернення: 23.03.2023).
6. Хан В. С. Історія Кореї/В. С. Хан. - Ташкент: "Baktria press", 2013. 128 с.

THE WORLD'S OLDEST OBSERVATORIES

Veronika Priymak – 3rd-year student of the bachelor's degree program of VSPU named after
M. Kotsyubynskyi

Amina Palchenko – 3rd-year student of the bachelor's degree program of VSPU named after
M. Kotsyubynskyi

*This work consider the world's oldest observatories and their role in the development of
astronomy.*

Key words: astronomy, observatory, celestial bodies, galaxy, science

ЗАСНУВАННЯ ТА НАУКОВІ ДОСЯГНЕННЯ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ

Ольга Чаленко – студентка 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського
Вікторія Думенко – канд. тех. наук, доцент

*У статті описані передумови та причини заснування Львівської обсерваторії, історія
її діяльності; перераховані основні досягнення, дослідження та астрономічні каталоги
видані в обсерваторії.*

Ключові слова: обсерваторія, Товариство Ісуса, колегіум, спостереження, каталог.

Найдавнішим методом вивчення астрономії є спостереження. Вони відіграють
важливу роль у дослідженні. Щоб зробити отримані дані більш-точними та полегшити
такий складний процес, як спостереження, люди почали створювати обсерваторії.
Створення астрономічних центрів стали початком нового важливого періоду в історії,
адже з їх появою точність спостережень збільшувалась. Астрономічні дослідні центри
почали виникати в Європі, після відкриття телескопа. Першою великою державною
обсерваторією була Паризька, що збудована у 1667 році. На теренах сучасної України
перша астрономічна обсерваторія була заснована єзуїтами у Львівському університеті в
другій половині XVIII ст.

Згадуючи про становлення європейської астрономії, слід зауважити, що великий
внесок зробили ченці католицького ордену «Товариства Ісуса». З середини XVI ст. орден
єзуїтів відкрив багато навчальних закладів та розробив власну педагогіку, за якою
астрономія була одним з важливих дисциплін у програмі і вивчалась у гуманітарному
риторичному класі молодшого відділення єзуїтської колегії. Таку колегію орден
«Товариства Ісуса» відкрив і у Львові. Незважаючи на достатньо неприязне ставлення
міської адміністрації, ченці заснували костел св. Петра і Павла, з 1608 року – колегіум з

бібліотекою, де в 1613 році розпочали викладання математики та фізики. Протягом XVII століття школа при колегіумі поступово розвивалась, проте її статус не був офіційно затверджений. У 1661 році Ян Казимир II надав Львівському колегіуму диплом «гідності академії та титул університету», проте ані сейм, ані Папа Римський диплом так і не затвердили. Важливим аспектом та мотивацією для розвитку Львівського університету була наявність ще одного осередку освіти у Львові – «школи вільних наук» Ставропігійського братства. Дисципліни там викладали на високому рівні, що відповідав вимогам європейських академій того часу. У 1758 році король Август III підтвердив



диплом Львівського університету за 1661 рік. Пізніше сейм та Папа Римський також затвердили його. Таким чином Львівський університет набув офіційного статусу. Узагальнюючи, слід сказати, що потужний розвиток епохи Просвітництва та умови конкуренції створили необхідне підґрунтя для розвитку астрономії в вищеназваних навчальних закладах та побудові обсерваторії для більш-професійних та точних спостережень [1].

Рис. 1. Вацлав Єронім Сераковський

Ще до появи обсерваторії в Львівському університеті проводили достатньо точні астрономічні дослідження. Покровитель колегіуму Вацлав Єронім Сераковський (1700-1780 рр.) (рис. 1) володів достатніми матеріальними засобами, що були необхідні для таких спостережень та постійно вкладав кошти у перебудову декількох кафедр. Саме він надав необхідні технічні можливості Домініку Лисогорському, який у 1764 році у його маєтку в передмісті Львова спостерігав затемнення Сонця за допомогою астрономічного годинника, квадранта із зоровою трубою та мікрометром, а також телескопа Ньютона. Його спостереження згадуються у протоколах Паризької Академії та у Віденських астрономічних ефемеридах, що є підтвердженням про перші астрономічні спостереження. З свідчень Франца Ксавера фон Цаха: «... Ця обсерваторія виникла до початку австрійського володіння Галичиною у 1772 р. Про її роботу мало що відомо, крім єдиного астрономічного спостереження сонячного затемнення, яке 1 квітня 1764 року особисто спостерігав і повідомив ксьондз Лисогорський. Про це можна дізнатись з «Віденських астрономічних ефемерид» за 1765 рік та з Паризьких за 1776 рік. Ксьондз Лисогорський був учнем ксьондза Гелля із цісарсько-королівської університетської обсерваторії...» Придбання інструментів профінансував В.Сераковський. Окрім того, спостереження не припинялись і в рамках Львівської астрономічної школи. На основі вищеописаних фактів можна стверджувати, що спостереження за небом здійснювались у Львові задовго до закінчення будівництва обсерваторії та були достатньо точним, за умови відсутності всього потрібного обладнання [2].

Пізніше перед колегіумом постало питання про побудову обсерваторії. Першу згадку про будівництво можна знайти в архівній збірці витягів із львівських міських актових книг про діяльність ордену єзуїтів у Львові (ЦДІА фонд № 52, Опис № 1, Справа № 234): «Року 1771, дня 27 квітня, Єзуїтський колегіум, бажаючи збудувати у Львові астрономічну обсерваторію, домагався від міста дозволу на зруйнування старої хвіртки, замість якої коштом колегіуму збудувати нову разом із астрономічною обсерваторією, на що місто Львів, з долученням королівської згоди, дало дозвіл додавши таку умову, щоб

коли ця обсерваторія згодом не буде необхідною для використання з навчальною метою, повернути її місту». Додатково місто давало на виконання робіт чотири тижні, вимагало також від єзуїтів облаштувати прилеглу територію, самим розробити проєкт, і розмістити на хвiртці герби міста. Цей факт підтверджує інший архівний документ, фотокопія латиномовного рукопису Велєвіча «Історія Львівської колегії єзуїтів», де зазначено: «15 травня 1771 року превелебний канонік Мошинський отримав від превелебного отця Домініка Зельонки посаду управителя Колегіуму. Всередині травня Колегіум збудував астрономічну обсерваторію на міському ґрунті, перед тим уклавши з містом належну угоду, а також склавши відповідні обопільні умови. На стіни тієї будови отець Себастьян Сераковський ордену єзуїтів за згоди настоятелів перший вніс 10 тисяч польських золотих. Решту видатків Колегіум взяв на себе.» Датою заснування Львівської обсерваторії є 15 травня 1771 року. Свідчення про вигляд цієї обсерваторії можна знайти в листі Ф. фон Цаха: «...Обсерваторія складалася з однієї, збудованої над в'їздом, малої восьмикутної вежі, яка була безпосередньо з'єднана з єзуїтським колегіумом гвинтовими сходами. Вона складалася з просторого салону з високими вікнами, плоского даху, з якого був відкритий горизонт (перспектива)...». Окрім того, під час ремонту обсерваторії було виявлено ватман із кресленням, що (судячи з правопису) є рукописною копією із давніших креслень. На кресленні зображено проєкт обсерваторії над хвiрткою. Проєкт був укладений Себастьяном Сераковським (рис. 2), племінником архієпископа Сераковського, що пожертвував зі своєї спадщини гроші на будівництво. Щоб побачити будівлю тогочасної обсерваторії можна звернутись до макета Я. Вітвіцького (рис. 3). На проєкті та макеті ми бачимо, що обсерваторія мала вигляд двоповерхової восьмикутної вежі з плоским майданчиком замість даху та мала гвинтовий вхід з костелу єзуїтів, що збігається із описом Ф. фон Цаха.



Рис. 2. Перший директор Львівської обсерваторії, єзуїт, меценат - Себастьян Сераковський

Історія обсерваторії була непростю впродовж багатьох історичних періодів, проте, не зважаючи на це, за час її існування було досягнуто достатньо наукових здобутків, що мали важливе значення для астрономії.

Однією з визначних наукових праць зроблених завдяки обсерваторії були створені у XVIII ст. перші точні карти Галичини і Волині, побудовані за допомогою найточніших на той час астрономо-геодезичних методів за допомогою астрономічної тріангуляції (обладнання було привезено з Відня).



Рис. 3. Фото з макету Я. Вітвіцького

Велика кількість досліджень відбулись у XX ст. В період з 1922 по 1925 в обсерваторії, крім регулярної роботи, були виконані мікрометричні виміри положення планет і декількох комет. Результати дослідження частково були опубліковані в *Astronomische Nachrichten*.

Окрім того проводилися спостереження звичайних явищ, таких як затемнення Сонця, Місяця, проходження Меркурія по диску Сонця. Результати цих спостережень також

публікувалися у вже згаданому часописі. Восени 1925 року після налаштування приладів, було виконано визначення географічної довготи обсерваторії (рис. 4). Цей результат було оголошено на з'їзді Міжнародного Союзу Геодезично-Геофізичного в Празі у вересні 1927 року. Також обсерваторія виконувала завдання для Військового географічного інституту, зокрема, щодо вибору еліпсоїда для геодезичних і картографічних робіт, які були опубліковані у Відомостях географічної служби у Варшаві (1927 рік).

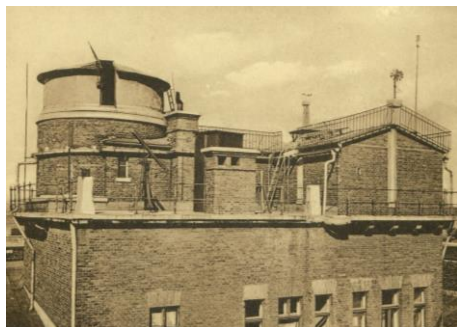


Рис. 4. Фото обсерваторії у першій половині ХХ ст.

Друга світова війна внесла свої корективи в роботу обсерваторії, але не зупинила її. Попри воєнний період вдалося зберегти обсерваторію і практично весь астрономічний інструментарій та більшу частину літератури. Після закінчення Другої світової війни в обсерваторії починаються

дослідження Сонця під керівництвом Володимира Степанова, який створив перший на території колишнього СРСР вертикальний сонячний телескоп із спектрографом подвійного відбивання. В 1957 р. за наказом Міністерства вищої освіти та АН СРСР при астрономічній обсерваторії була організована станція оптичних спостережень штучних супутників Землі. 1988 р. розпочата локація супутників лазерним віддалеміром ЛД-2 та його модернізація (спільно з ДМЦ "Оріон", Алчевськ) з метою підвищення надійності, точності та швидкості обробки спостережень [3].

На початку ХХІ століття Астрономічна обсерваторія знову розпочинає наукові дослідження, які пов'язані зі створенням у 2001 році перманентної GNSS-стації. Нині Львівська астрономічна обсерваторія виконує дослідження з фізики Сонця, зір і галактик, релятивістської астрофізики і космології. У її складі є відділ практичної астрономії та фізики ближнього космосу, відділ технічного обслуговування телескопів, а також бібліотека.

Окрім вищеперерахованих наукових досягнень, за історію існування обсерваторії було надруковано багато каталогів. Деякі з них:

1. "Catalogus stellarum fixarum imprimis duplicium et multiplicium" (Каталог зір, зокрема подвійних та потрійних) - перший каталог зір, що був підготовлений у Львівській обсерваторії польським астрономом Яном Хевелиєм у 1667 році. В каталог було внесено координати та інші параметри для близько 4000 зір, а також зроблено важливий внесок у вивчення подвійних та потрійних зір. Каталог був опублікований в 1690 році, після смерті Хевелія.

2. "Fundamenta nova reductionis mensurae radiorum stellarum duplicium in planum perpendicularare visus" (Нові основи зменшення виміру радіусів подвійних зір в перпендикулярну до зоряного вигляду площину) - каталог, який був підготовлений Яном Домініком Гершелем (директор Львівської обсерваторії з 1782 по 1785 рік) Опублікований у 1784 р., каталог і містив дані про більше 300 подвійних зір.

3. "Catalogus stellarum fixarum" (Каталог фіксованих зір) - каталог, що був складений Тобією Маєром, (директор Львівської обсерваторії з 1766 по 1775 рік). Каталог був опублікований у 1777 році і містив дані про більше 1000 зір.

4. "Каталог зірок Фламмаріона для 1850 року" опублікований у 1853. Каталог містив у собі інформацію про координати більше 5500 зірок і став важливим джерелом інформації для астрономів того часу та використовувався для розвитку астрономії та навігації.

5. Каталог зір з головної послідовності - складений в 1950-х роках на основі спостережень з фотометричного телескопа, містить інформацію про мільйони зір головної послідовності в зоряному скупченні М13.

Отже, Львівська обсерваторія є першою на території України й з початку свого існування є важливим осередком розвитку астрономії, за допомогою якої вели точні спостереження за небесними тілами, укладали карти та каталоги, деякі з яких використовуються й сьогодні.

Список використаних джерел:

1. Вуйцик В. Львівські хвіртки. Галицька брама (Львів: Центр Європи). 1998. – С.14-15.
2. Дзедушицький М. Життя Вацлава Героніма Сераковського. – Краків: 1868. – С. 77-179.
3. Астрономічна обсерваторія. URL: <https://astro.lnu.edu.ua>

FOUNDATION AND SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF LVIV OBSERVATORY

Olha Chalenko 3rd-year student of the bachelor's degree program of VSPU named after M. Kotsyubynskyi

Viktoria Dumenko - PhD, Associate Professor

The article describes the prerequisites and reasons for the establishment of the Lviv Observatory, the history of its operation; listed the main achievements, studies and astronomical catalogs issued by the observatory.

Key words: observatory, Society of Jesus, collegium, observation, catalog.

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ В СЕРЕДНІХ ТА ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

ПРИНЦИПОВІ ПИТАННЯ СТРАТЕГІЇ РЕФОРМУВАННЯ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ

Микола Шут – д-р фіз.-мат. наук, професор

Людмила Благодаренко – д-р пед. наук, професор

Тарас Січкач – канд. фіз.-мат. наук, доцент

У тезах наголошується, що в Україні з її вражаючою історією розвитку космічних досліджень необхідно створювати умови для її успішного розвитку. Проаналізовано причини, які зумовлюють низький рівень знань з астрономії випускників закладів середньої освіти, і внесено пропозиції щодо перегляду методичних підходів у формуванні основ астрономічного знання. Запропоновано модель навчання дисципліни «Загальна фізика» при підготовці вчителів фізики та астрономії, яка передбачає інтегроване засвоєння знань з фізики та елементів знань з астрономії.

Ключові слова: проблеми астрономічної освіти, стратегія реформування астрономічної освіти, інтегроване засвоєння знань з фізики і астрономії, орієнтація освітнього процесу на новітні наукові досягнення у галузі астрономії.

Сьогодні професія астронома в Україні – найбільш рідкісна і найменше за все затребувана. Кількість випускників закладів середньої освіти, які бажають стати астрономами, з кожним роком спадає. І у підсумку ми маємо парадоксальну ситуацію – на межі зникнення в нашій країні знаходиться професія, яка на нинішньому етапі розвитку науки є найбільш необхідною у світовому науковому співтоваристві. І, на жаль, можна бути впевненими в тому, що найближчим часом ситуація з професією астронома не зміниться на краще. Відповідно, перебуває під загрозою і сама астрономія як наука, тому що вона неможлива за відсутності створення і впровадження в астрономічні дослідження нових технологій, які є вкрай необхідними, зокрема, створення сучасного обладнання для розв'язання нагальних практичних потреб, а для цього необхідні фахівці. Крім того, сьогодні астрономія тісно пов'язана з такими науками, як фізика, механіка, математика, тому що використовує їх досягнення та зі свого боку також впливає на їх розвиток, а, отже, ці науки збагачують одне одного. Можна навіть сказати, що вони не просто пов'язані, а відбулося їх взаємопроникнення, а тому вони вже не можуть існувати нарізно. Крім того, останнім часом виникає багато суміжних наукових і технічних напрямків, які не отримують розвитку за відсутності поповнення молодими професійними кадрами. Це, наприклад, інформаційні космічні технології, астрономічна геодезія, дослідження природних ресурсів аерокосмічними методами. Основна галузь астрономії – астрофізика – використовує у своїх дослідженнях суто фізичні методи. На фізичних основах ґрунтується і науково-технічний аспект космонавтики. Тому сьогодні астрономом може стати тільки та людина, яка на високому рівні опанувала фундаментальними знаннями з фізики і математики, вільно володіє комп'ютерною технікою і має хоча б первинні навички програмування. Це, у свою чергу, висуває підвищені вимоги до підготовки фахівців у галузі астрономії, а їх і без цього не вистачає. Проте у нашій країні, яка має вражаючу історію розвитку космічних досліджень, астрономія повинна і далі впевнено розвиватися.

Коли і чому виникла проблема астрономічної освіти? Безумовно, вона стала спадщиною освітньої системи кінця 80-х років 20 століття і деяких освітніх реформ за часів незалежності України. В умовах гуманітаризації освіти, негативні наслідки якої ми намагаємося подолати до сьогоднішнього дня, статус астрономії як навчального предмета став знижуватись. У значній мірі на це вплинуло і зниження статусу фізики, до якої

астрономія є найбільш наближеною. У підсумку ми дійшли до такого становища, коли в учнів у закладах середньої освіти фактично повністю зникла мотивація до вивчення фізики, а що тоді казати про астрономію? Наслідки подібного відношення до наук, які займають центральне місце у генералізації сучасного наукового знання, досліджують найбільш загальні закономірності явищ природи, властивості і будову матерії та закони її руху, є жахливими. За результатами незалежного опитування, близько 25% українських школярів вважають, що Сонце обертається навколо Землі і не завжди правильно відповідають на запитання щодо форми нашої планети, а у суспільстві, як ніколи, популярні астрологічні ідеї, нумерологія, гороскопи. Ми не могли навіть уявити собі, що колись повернемося фактично до повної наукової безграмотності і відсутності наукового світогляду. У минулі роки первинні уявлення про оточуючий світ учні традиційно отримували ще на перших етапах навчання, у початковій школі, а потім поповнювали їх у 5–9-х класах при вивченні предметів природничого циклу. Зокрема, при вивченні курсу «Природознавство» у 5-му класі в розділі II «Всесвіт і середовище життя людини» учні опановували досить серйозний науковий матеріал, зокрема, такі питання: 1. Уявлення про Всесвіт. Всесвіт і життя людини. Дослідження Всесвіту людиною. 2. Зоряні світи – Галактики. 3. Зорі, сузір'я. 4. Сонце. Сонячна система. Рух планет навколо Сонця. Сонце – джерело світла і тепла на Землі. 5. Місяць. Обертання Місяця навколо Землі. Фази Місяця. 6. Сонячні та місячні затемнення. Але навіть у ті роки, коли учні були підготовлені до засвоєння курсу «Природознавство» ще з початкової школи, не всі з них в силу своїх природних здібностей мали можливість засвоїти необхідний мінімум знань. А от із утвердженням нової української школи про будь-які елементи знань з астрономії, сформовані в початковій школі, прийдеться забути. Враховуючи ті вимоги, які зараз висувуються до оцінювання навчальних досягнень учнів, можна із впевненістю сказати, що знань в учнів не буде ніяких. Відповідно, у 5–9-класах положення ще більше погіршиться, оскільки почнеться системне вивчення предметів природничого циклу, а за відсутності пропедевтичних знань формувати нові знання прийдеться з нуля. І ту вже мова про знання з астрономії взагалі йти не буде, тому що головною метою стане забезпечення хоча б мінімального обсягу знань з фізики. У такій ситуації учні, які продовжать навчання у старшій школі за рівнем стандарту, будуть отримувати знання з астрономії в курсі фізики. Підручник для 11-го класу має назву «Фізика і астрономія». І можна собі уявити, як буде відбуватися інтегроване засвоєння фізики і астрономії з урахуванням того факту, що знання з фізики у кращому випадку знаходяться на середньому рівні, а знання з астрономії взагалі відсутні. Тому ми не підтримуємо об'єднання фізики з астрономією як навчальних предметів в 11-му класі. Астрономія повинна бути самостійним навчальним предметом і оцінювати знання з астрономії теж слід окремо. Відповідно, фізика і астрономія повинні викладатися як самостійні навчальні предмети, адже за відсутності базових знань з основ цих фундаментальних наук повну середню освіту не можна буде вважати повноцінною. З метою покращення такої ситуації ми пропонуємо доповнити навчальні програми з фізики для 7–9-х класів окремими питаннями з астрономії, які будуть логічно вбудовуватися у структуру змісту курсу фізики. Тоді протягом трьох років навчання учні будуть системно і послідовно засвоювати елементи знань з астрономії, що дозволить їм у старшій школі повноцінно опанувати цей навчальний предмет. Крім того, певна частина учнів не буде продовжувати навчання в старшій школі і для них навіть початкові знання з астрономії будуть загублені назавжди. А у наш час це неприпустимо, адже тоді у таких молодих людей не будуть сформовані уявлення про дійсність як цілісну гармонічну систему, наукове уявлення про картину світу, що вплине на рівень загальної культури внаслідок її фрагментарного, а не системного засвоєння.

Але починати глобальні перебудови у свідомості працівників освіти та в структурі змісту природничих наук слід з підготовки вчителя, який зможе реалізувати ці завдання

на належному рівні. Враховуючи нерозривну єдність таких наук, як фізика та астрономія, ми пропонуємо доповнити нормативну навчальну програму університетів з дисципліни «Загальна фізика» для спеціальностей «середня освіта (фізика)», «фізика та астрономія» питаннями астрономічного змісту, що є невідкладною справою. В Українському державному університеті імені Михайла Драгоманова на сьогоднішній день космічна тематика на кафедрі фізики та методики навчання фізики використовується дуже широко, зокрема, при викладанні курсу за вибором «Фізичні дослідження в Україні» для спеціальностей «Середня освіта (фізика)» та «Фізика і астрономія». В рамках курсу за вибором розглядається діяльність видатних конструкторів космічних кораблів – українців за походженням, а саме: Сергія Павловича Корольова, Валентина Петровича Глушкó, Михайла Кузьмовича Янгеля, Володимира Миколайовича Челомея, які зробили неоціненний внесок у розвиток космічних досліджень. Студенти ознайомлюються з їх біографіями, етапами наукового становлення, досягненнями і здобутками. Окремо досліджується діяльність і розробки відомого науковця і конструктора Юрія Васильовича Кондратюка (Олександра Шаргея), чий теоретично розрахований маршрут польоту до Місяця був використаний НАСА в програмі «Аполлон» для польоту американських астронавтів.

Крім того, на кафедрі протягом тривалого часу проводились ґрунтовні дослідження теплофізичних, механічних та діелектричних властивостей полімерних композиційних матеріалів для використання в космічній промисловості. Це були дослідження діелектричних властивостей пінополімерних матеріалів для розробки ізоляторів для радіодеталей. Розроблялись клейові композити на основі епоксидних діанових та епоксिनволачних полімерів, модифікованих різноманітними дисперсними та волокнистими наповнювачами, пластифікаторами для програми «Буран». Досліджувались їх теплофізичні та релаксаційні властивості, вплив радіаційного та ультрафіолетового опромінення, агресивних середовищ на ці властивості. Нині науковці займаються розробкою та дослідженням властивостей композитів на основі поліхлортрифторетилену, наповненого наночастинками терморозширеного графіту для створення поглинаючих покриттів для аеро- та космічної техніки. Особливо слід відзначити, що за дослідження у галузі космічної промисловості та заслуги перед вітчизняною космонавтикою завідувач кафедри, доктор фізико-математичних наук, академік Національної академії педагогічних наук України, професор Микола Іванович Шут та кандидат фізико-математичних наук, професор кафедри Тарас Григорович Січкарь рішенням Президії Федерації космонавтики України нагороджені медалями Ю.О. Гагаріна, К.Е. Ціолковського, Ю.В. Кондратюка. Тому викладачі кафедри, маючи значний науковий досвід у галузі космічних досліджень, ефективно здійснюють орієнтацію викладання на новітні наукові досягнення у галузі астрономії, астрофізики, фізики космосу, що мотивує студентів до поглиблення знань з фізики та астрономії, демонструє нерозривну єдність цих природничих наук і спонукає студентів до наукової діяльності.

На основі вищевикладеного, можна зробити такий висновок: тенденції розвитку сучасної цивілізації висувають високі вимоги до освіти, забезпечити якість якої неможливо без усвідомленого засвоєння знань з природничих наук, зокрема, з астрономії. Нині фахівець у будь-якій галузі повинен бути здатний до аналізу інформації надзвичайної складності, її систематизації, складання плану дій та прийняття інколи миттєвих рішень у надзвичайних ситуаціях, що можливо лише на основі ґрунтовної інтелектуальної підготовки. А знання з астрономії не лише забезпечують повне розуміння сучасної наукової картини світу, вони збагачують інтелектуальну сферу людини і сприяють становленню різнобічної культури мислення.

Список використаних джерел:

1. М.І. Шут, Л.Ю. Благодаренко, Т.Г.Січкач. Першочергові цілі та завдання на шляху реалізації інтегративної моделі природничонаукової і технічної освіти. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. Кам'янець-Подільський, 2022. Випуск 28. С. 25-32.

PRINCIPAL ISSUES OF THE UPDATE OF ASTRONOMICAL IN THE LIGHT OF THE CONCEPT OF ITS DEVELOPMENT

Mykola Shut – Doctor of Science, Professor

Lyudmila Blagodarenko – Doctor of Science, Professor

Taras Sichkar – PhD, Associate Professor

The theses emphasize that in Ukraine, with its impressive history of the development of space research, astronomy should develop confidently. The reasons for the low level of knowledge of astronomy among graduates of secondary education institutions are analyzed, and proposals are made to revise methodological approaches in the formation of the foundations of astronomical knowledge. A teaching model of the discipline "General Physics" in the training of physics and astronomy teachers is proposed, which involves the integrated assimilation of knowledge from physics and elements of knowledge from astronomy.

Keywords: problems of astronomical education, integrated learning of knowledge in physics and astronomy, orientation of the educational process to the latest scientific achievements in the field of astronomy.

ВИВЧЕННЯ АСТРОНОМІЇ В ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНОЇ (ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ) ОСВІТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Ольга Моклюк – викладач фізики та астрономії, вчитель вищої категорії

Микола Моклюк – канд. пед. наук, доцент

У статті охарактеризовано доцільність та необхідність використання технології доповненої реальності в освітньому процесі закладів професійної (професійно-технічної) освіти. Описано можливості та особливості вивчення астрономії з використанням технології доповненої реальності. Розглянуто мобільні додатки, застосунки з технологією доповненої реальності для вивчення астрономії в закладах професійної (професійно-технічної) освіти.

Ключові слова: освітній процес, вивчення астрономії, технологія доповненої реальності, заклад професійної (професійно-технічної) освіти.

За умов суттєвих змін в усіх галузях країни постала проблема радикальної перебудови і системи освіти, а особливо професійної. Її мета – сформувати здібну, творчу, інноваційну особистість, яка спроможна до самореалізації, самовдосконалення та адаптації в майбутній професії та суспільстві загалом. Тому навчання в закладах професійної (професійно-технічної) освіти (ЗП(ПТ)О) має забезпечувати оптимальні передумови для самореалізації особистості здобувачів освіти, розкриття всіх закладених у них природних задатків, прагнення до свободи, відповідальності й творчості. Важливим чинником, що визначає характер змін у системі освіти, є науково-технічний прогрес, який на певному етапі розвитку неможливий без сучасних інформаційних технологій. Цифрові технології не стоять на місці, розвиваються, кожного року з'являється нове апаратне та програмне забезпечення. Їх вміле використання в освітньому процесі має призводити до покращення роботи як педагога так і здобувачів освіти. У зв'язку з цим завдання викладача ЗП(ПТ)О полягає в тому, щоб перетворити їх на свого безпосереднього помічника.

Інформаційні технології та мережа Інтернет дуже міцно увійшли в наше життя, а сучасна молодь виявляє до них неабиякий інтерес. З іншого боку широке використання різних гаджетів призводить до істотного зниження інтересу щодо вивчення навчальних предметів. Це впливає на зниження якості засвоєння знань. Більшість сучасних здобувачів освіти – це молоді люди, яких можна віднести до покоління Z [3], а тому для сприйняття ними навчального матеріалу необхідне візуальне відтворення через цифрові засоби. Найбільше це стосується природничих наук, особливо астрономії. Щоб активізувати освітній процес, необхідно підвищити інтерес і зацікавленість здобувачів освіти шляхом використання сучасних засобів навчання. Забезпечити це може реалізація однієї із сучасних технологічних інновацій в освіті - технології доповненої реальності.

Питання візуалізації навчальної інформації шляхом використання технології доповненої реальності, є справжнім трендом останніх років, а тому його дослідження є вкрай актуальним. Ця технологія може бути застосована майже в усіх сферах нашого життя, тому і привертає увагу фахівців бізнесу, економіки, освіти тощо.

Використання технології доповненої реальності в освітньому процесі досліджували вітчизняні та зарубіжні науковці: Ю. Єчкало, Н. Зільберман, Т. Кауделл, Є. Матвієнко, Д. Мізелл, Є. Модло, С. Семеріков, В. Сербін, В. Ткачук, О. Шабельюк та інші.

Можливості застосування технології доповненої реальності розглянуто під час вивчення: астрономії на заняттях в закладах освіти [8]; астрономії як засобу реалізації STEM-освіти [4]; зоряних сузір'їв з використанням елементів STEM освіти [7]; астрономії під час навчання дітей з особливими освітніми потребами [6] тощо.

Сам термін «доповнена реальність» (AR - *augmented reality*) вперше був запропонований в 1992 році дослідником Т. Кауделом [1]. Також використовують терміни «розширена реальність», «поліпшена реальність» тощо. Використання технології AR забезпечує унікальні можливості в освіті. Реалізуючи цю технологію в освітньому середовищі, доповнюючи його належною наочною інформацією, можна побудувати візуальну модель навчального матеріалу. Як результат, забезпечується розвиток просторової уяви здобувачів освіти, що посилює глибоке розуміння ними процесів, характеристик та властивостей явищ тощо.

Технологія AR дає можливість візуалізувати зображення предмета перед собою, вибрати його складові елементи, обертати об'єкт у просторі, масштабувати його, разом з тим одержувати додаткові пояснення. Вона являє собою технологію доповнення у полі сприйняття людиною віртуальної інформації, що сприймається як елемент реального життя. Технологія AR поєднує можливості традиційних і комп'ютерних методів навчання, її використання впливає на якість освітнього процесу здобувачів не лише вищої та середньої, але й для професійної освіти. Дослідження результатів роботи вітчизняних та зарубіжних науковців свідчать, що технологія AR, яка забезпечується використанням різноманітних динамічних ресурсів (додатків), покращує мотивацію, стимулює інтерес та сприяє підвищенню рівня активності здобувачів освіти, робить заняття цікавими як для викладачів так і для студентів. На відміну від технології віртуальної реальності, доповнена не створює повністю віртуальне середовище, а пов'язує віртуальні елементи з реальним світом: реальне оточення дослідника доповнюють віртуальні об'єкти, що змінюються внаслідок його дій.

В освітньому процесі з астрономії для реалізації технології AR використовують [2]:

1. *Підручники та посібники*, в яких містяться відповідні маркери для активації технології доповненої реальності. За допомогою спеціалізованих мобільних додатків друковані ілюстрації перетворюються на анімовані тривимірні об'єкти, які можуть виконувати певні рухи та можуть супроводжуватись звуковою інформацією.

2. *Розвивальні ігри*, під час яких інформація, яка подається, позитивно сприймається здобувачами освіти, активізує мотивацію до участі в процесі та сприяє зростанню рівня засвоєння навчального матеріалу.

3. *Модельовання об'єктів і ситуацій* для створення графічних об'єктів і конструювання певних ситуацій, які можуть бути використані для засвоєння навчального матеріалу. Це забезпечує економію ресурсів, а також дає можливість проводити заняття безпосередньо в аудиторії.

4. *Додатки для розвитку умінь і навичок*, використання яких можливе під час викладання певних дисциплін для самостійного відпрацювання конкретних практичних завдань у навчальному закладі та поза ним.

Виокремлюють три основні технології реалізації AR [6]:

1. *«Безмаркерна»* технологія працює на основі особливих алгоритмів розпізнавання, за якими на навколишнє середовище накладається віртуальна сітка. На цій сітці програмні алгоритми знаходять певні опорні точки, за якими визначається місце, до якого «прив'язана» віртуальна модель.

2. *«Просторова»* технологія – технологія доповненої реальності, що базується на розміщенні об'єкта у просторі. У ній застосовуються дані GPS, гіроскопа і компаса, вбудованого в мобільний пристрій. Місце прив'язки віртуального об'єкта визначається координатами в просторі.

3. Технологія доповненої реальності *на базі маркерів*. В якості основи використовується зображення. За допомогою програмних додатків на цю основу накладаються віртуальні елементи – текст, анімація, мультимедіа, гіперпосилання. Прикладом найпростішого візуального маркера є QR-код.

Робота з об'єктами AR полягає в тому, щоб, використовуючи необхідні об'єкти, змодельовати різні фрагменти навчального матеріалу. В системі AR користувач може керувати лабораторною установкою шляхом зміни положення перемикача, комбінування різних елементів тощо, простим розкладанням, перекладанням та обертанням маркерів [9].

Сьогодні доступний цілий комплекс мобільних додатків доповненої реальності, які можуть застосовуватися педагогами у освітньому процесі. Офіційні сайти компаній-виробників пропонують користувачам встановити програмні додатки на свої мобільні пристрої, а також завантажити і роздрукувати зображення-маркери. Їх сканування й дає можливість реальному зображенню доповнити віртуальними змодельованими об'єктами.

Вивчення астрономії є важливим стимулюючим фактором для дослідження та вивчення оточуючого нас світу. Використання AR (у тому числі й мобільних додатків) є одним із засобів розв'язання такої задачі. Розглянемо приклади мобільних додатків із доповненою реальністю, які варто використовувати під час вивчення астрономії в ЗП(ПТ)О.

– *Star Walk 2* (рис. 1) – додаток для пошуку і відстеження зірок, сузір'їв, планет, супутників та інших небесних тіл. Після запуску програма звертається до геолокації та демонструє на екрані смартфона ділянку неба в залежності від місця розташування користувача. Так можна побачити сузір'я, розташування зірок, оцінити відстань між ними. Можна увімкнути режим доповненої реальності, після чого реальне зображення неба над головою поєднується з зірками на екрані мобільного пристрою.



Рис. 1. Зображення у додатку Star Walk 2



Рис. 2. Зображення у додатку Star Chart

- *Star Chart* (рис. 2) – навчальний астрономічний додаток доповненої реальності. Під час роботи з ним кожен користувач може мати віртуальну зоряну карту у своїй кишені.

- *Satellite Tracker* (рис. 3) – безкоштовна програма, яка допоможе вам спостерігати за штучними супутниками, такими як Starlink і МКС, які рухаються у небі. Вона може показувати точне положення будь-якого супутника над Землею та надсилати сповіщення, коли супутник, який вас цікавить, буде проходити над вашим місцезнаходженням. Вбудована функція «Вигляд неба» дає можливість навести пристрій на небо, щоб побачити рух і положення супутника в реальному часі.



Рис. 3. Зображення у додатку Satellite Tracker



Рис. 4. Зображення у додатку Our Universe AR

- *Our Universe AR* (рис. 4) – застосунок для дослідження віртуальних моделей планет і Сонця у нашій сонячній системі, дає можливість спостерігати моделі планет Сонячної системи в будь-якій точці світу за допомогою телефону чи планшета.

- *iSolarSystemAR* (рис. 5) – мобільний додаток з доповненою реальністю, у якому можна розглядати всі тіла Сонячної системи, що обертається навколо Сонця. В моделі Сонячної системи можна зосередити увагу на кожній планеті, змінювати характеристики їх руху тощо.



Рис. 5. Зображення у додатку iSolarSystemAR

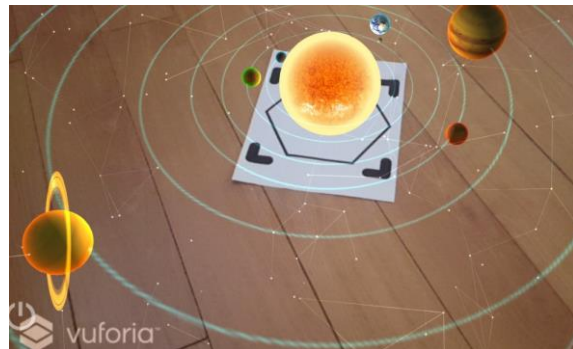


Рис. 6. Зображення у додатку AR Solar System

- *AR Solar System* (рис. 6) – мобільний додаток для візуалізації планет, небесних тіл Сонячної системи під час їх вивчення:

- *Planets 4D* (рис. 7) - книга про Сонячну систему в комплекті з додатком, розробленим із застосуванням технології доповненої реальності. Дає можливість учням досліджувати Сонячну систему, планети, а також внутрішню структуру планет.

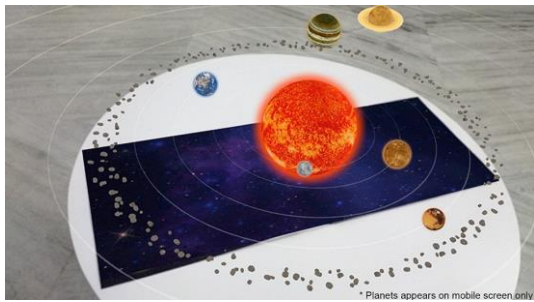


Рис. 7. Зображення у додатку Planets 4D

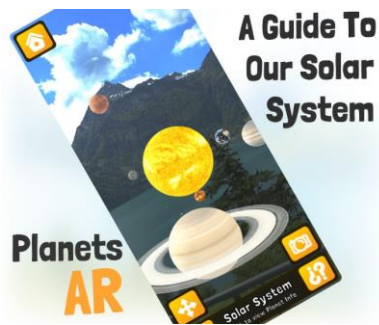


Рис. 8. Зображення у додатку Planets AR

- *Planets AR* (рис. 8) – застосунок, дає можливість ознайомити учнів з усіма планетами, супутниками та навіть деякими карликовими планетами, ніби вони є астронавтом у відкритому космосі.

- *Space 4D+* (рис. 9) – додаток, призначений для систематизації знань про космічний простір, дає можливість вивчати будову сонячної системи, планет, інших астрономічних об'єктів, а також супутників, місяцеходів, космічних місій.



Рис. 9. Зображення у додатку Space 4D+



Рис. 10. Зображення у додатку Stellarium

- *Stellarium* (рис. 10) – безкоштовний додаток для перегляду зоряного неба, віртуальний планетарій.

На завершення варто зазначити, що останнім часом технологія AR активно входить в багато галузей життя людини, в тому числі і в освіту. В нашій країні питання про модернізацію освіти з точки зору використання даних технологій досі залишається відкритим. Впровадження технології AR дає можливість підвищити якість навчання за рахунок мотивації здобувачів освіти до самонавчання, підвищення інтересу аудиторії до навчального матеріалу, розвитку прагнення до використання сучасних інтерактивних технічних можливостей і технологій, заміни посібників і лабораторного обладнання мультимедійними комп'ютерними моделями, що особливо важливо за умов навчання на відстані.

Таким чином, використовуючи можливості сучасних мобільних додатків з доповненою реальністю, здобувачі освіти ЗП(ПТ)О зможуть не лише вивчати астрономію цікаво, спостерігати за астрономічними об'єктами, але й виконувати завдання дослідницького характеру, домашні експерименти та дослідження.

Список використаних джерел:

1. Caudell T.P., Mizell D.W. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *System sciences, proceedings of the twentyfifth hawaii international conference on*. vol. 2, 1992. P. 659–669.
2. Gurevych R., Silveistr A., Mokliuk M. Using Augmented Reality Technology in Higher Education Institutions. *Postmodern Openings*, 12(2), 2021. P. 109-132. <https://doi.org/10.18662/po/12.2/299>.

3. Strauss W., Howe N. Generations: the history of America's future, 1584 to 2069. New York, 1991. 521 p.

4. Бузько В.Л., Єчкало Ю.В. Елементи доповненої реальності при вивченні астрономії як засіб реалізації STEM-освіти. *STEM-освіта – проблеми та перспективи: міжнар. наук.-практ. семінар., 24-25 жовтня 2018 р. : збірник матеріалів*. Кропивницький : ЛА НАУ, 2018. С. 13-16.

5. Воронкін О.С. Мобільні додатки доповненої реальності в освітньому процесі. URL: <https://www.slideshare.net/AlexVoronkin/ss-251581623>.

6. Іванова А.І., Мальченко С.Л. Використання ІКТ для навчання дітей з особливими освітніми потребами на заняттях з астрономії. *Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс - 2018» : матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції, м. Суми, 8-9 листопада 2018 р., Суми, 2018. С. 189-190.*

7. Мальченко С.Л., Іванова А.І. Вивчення зоряних сузір'їв з використанням елементів STEM освіти. *Наукові записки [Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Сер.: Педагогічні науки. 2019. Вип. 177 (1). С. 231-237.*

8. Мальченко С.Л., Ковальова Н.В. Використання віртуальної та доповненої реальності на уроках з астрономії. *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Міждисциплінарний дискурс : теорія, практика, досвід» / відповідальний редактор проф. Т.Ю. Дудка. Київ, 2021. С. 61-66.*

9. Моклюк М.О., Лисий М.В., Сільвейстр А.М. Використання технології доповненої реальності під час вивчення фізики в закладах вищої освіти. *Актуальні проблеми фізики, математики, інформатики та методики їх навчання: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 18-20 січня 2023 року. К. : Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2023. С. 201-204.*

STUDY OF ASTRONOMY IN VOCATIONAL (VOCATION-TECHNICAL) EDUCATION INSTITUTIONS USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

Olga Mokliuk – teacher of physics and astronomy, a teacher of the highest category

Mykola Mokliuk – PhD, Associate Professor

The article describes the expediency and necessity of using augmented reality technology in the educational process of professional (vocational and technical) education institutions. The possibilities and features of studying astronomy using augmented reality technology are described. Mobile applications, applications with augmented reality technology for studying astronomy in institutions of professional (vocational and technical) education are considered.

Keywords: educational process, study of astronomy, technology of augmented reality, institution of professional (vocational and technical) education.

АСТРОНОМІЯ ЯК СКЛАДОВА НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «SCIENCE» В ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Анастасія Дераженко – аспірант 3-го року навчання

Максим Рокицький – к.ф.-м.н, доцент

Людмила Благодаренко – д-р пед. наук, професор

У роботі розглядаються ключові аспекти засвоєння знань з астрономії в курсі нового навчального предмету «Science». Наголошується, що вивчення астрономії як навално-наукової складової програми «Science» не тільки збагачує знання учнів про Всесвіт, але й забезпечує для них можливість засвоєння основ науково-дослідної та експериментаторської діяльності у ході освітнього процесу. Підкреслюється, що науково-освітня програма Cambridge Pathway відображає дієву та новаторську форму навчання і у повній мірі відповідає функціям інноваційних систем навчання.

Ключові слова: навчальний предмет «Science», освітньо-наукова програма Cambridge Pathway, астрономія як навчально-наукова складова програми «Science».

Важливе завдання підвищення якості освіти, зокрема, освіти природничої, вимагає повсюдного впровадження інноваційних моделей навчання і освітніх програм, які передбачають засвоєння знань на високому науковому рівні. Cambridge Pathway - це інноваційна академічна програма для учнів віком від п'яти до дев'ятнадцяти років, яка містить велику кількість предметів, що дозволяє закладам середньої освіти адаптувати навчальні плани відповідно до інтересів і нахилів своїх учнів. Програма складається з чотирьох рівнів: Cambridge Primary, Cambridge Secondary Lower, Cambridge Upper Secondary та Cambridge Advanced. Кожен рівень ґрунтується на попередньому, але може також використовуватись окремо. Навчальні матеріали викладаються англійською мовою, що допомагає учням не тільки покращувати володіння мовою, але й удосконалювати і поповнювати свої знання.

У програмі «Science» вивчаються різноманітні предмети, зокрема, «Фізика», «Земля та космос», «Біологія» та «Хімія». Крім того, модуль "Мислити та працювати як науковець" стимулює учнів набувати розуміння та вміння в лабораторній роботі, наукових моделях та дослідженнях. Контекстуалізація науки навчає учнів, як наука застосовується у повсякденному житті та демонструє, наскільки унікальною є ця програма навчання. В результаті, після завершення програми учасники отримують визнання диплому в багатьох країнах світу, що дозволяє отримати освіту не лише в їхній власній країні, але й у всьому світі. Таким чином, CambridgePathway відображає дієву та новаторську форму навчання, що забезпечує майбутнім випускникам всі необхідні компоненти для успіху та процвітання [1].

Зазвичай в школах викладають основні науки, такі як біологія, хімія та фізика. Однак, з поточним розвитком технологій та дослідженням космосу, астрономія займає місце поряд з цими традиційними дисциплінами. Це об'єднує в собі безмежність і поєднує багато наукових принципів, таких як математика, фізика, хімія та науки про Землю в одну цілісну практику, що надає учням всебічний погляд на предмет. Навчальний предмет «Земля та космос» є невід'ємною складовою викладання науки в освітніх закладах. Вивчення цієї складової розпочинається в третьому класі. Туди включається інформація про рух Землі та Місяця що є надзвичайно важливою галуззю освіти в шкільних установах. Це допомагає учням зрозуміти фізичні процеси, що відбуваються в космосі, а також надає їм базові знання про нашу планету та її супутник.

Програма «Science» має спіральну структуру, а це означає що учні щорічно оновлюють свої знання та отримують нові навички та вміння. Так в 4 класі учні вже вивчають чому обертання Землі навколо своєї осі призводить до спостережуваного руху Сонця, зміни дня і ночі та змін тіней. Навчання супроводжується не тільки великою кількістю візуального матеріалу, а і практичною складовою. Наприклад, виготовлення сонячного годинника та його практичне використання. Вже в 5 та 6 класах учні знають основні властивості обертання Землі навколо Сонця та її еліптичної орбіти, розуміють відносне положення та рух планет, Місяця та Сонця у Сонячній системі. Важливо зазначити, що на даний момент учні вже знають про існування гравітації та розуміють чому Сонячна система «тримається купи». Починаючи з 7-го класу і надалі учні здійснюють такі навчально-пізнавальні операції:

- навчаються описувати як рух Землі викликає видимий щоденний та річний рух Сонця та зір;
- обговорюють вплив ідей та відкриттів Коперніка, Галілея та більш пізніх вчених;
- усвідомлюють, що Сонце та інші зорі є джерелами світла, а планети та інші тіла бачимо завдяки відбитому світлу [2].

Таким чином, вивчення астрономії як науково-навчальної складової програми «Science» не тільки збагачує знання учнів про Всесвіт, але й надає можливість розвивати критичне мислення та навички, необхідні для подальшої кар'єри в наукових галузях. Учні можуть навчитися аналізувати дані, робити висновки на основі спостережень, розробляти й вирішувати конкретні проблеми, брати участь у дослідженні небесних тіл, включаючи сонячні системи, життєвий цикл зірок та формування галактик. Ще одним важливим наслідком вивчення астрономії є підвищення зацікавленості учнів у наукових проблемах загалом. Через спеціально розроблені практичні завдання, учні можуть досліджувати, робити відкриття та знаходити відповіді на питання, що стосуються Всесвіту. Крім того, вивчення астрономії стимулює бажання учнів продовжувати вивчення астрономії як науки після закінчення середнього навчального закладу. Очевидно, що у світі, який нині швидко розвивається, освіта повинна відповідати вимогам часу. А вивчення астрономії в курсі навчального предмету «Science» забезпечує глибоке розуміння учнями особливостей та закономірностей Всесвіту, а також набуття ними умінь і навичок, які є необхідними для повноцінного життя у сучасному світі.

Список використаних джерел:

1. Л.Ю. Благодаренко, А. В. Дераженко, М. О. Рокицький. Основні особливості навчального предмету "Science" в закладах середньої освіти. Актуальні проблеми фізики, математики, інформатики та методики їх навчання : Всеукраїнська науково-практична конференція. Київ : Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2023. С. 58-61.

2. CambridgeAssessmentInternationalEducation.

URL: <https://www.cambridgeinternational.org/programmes-and-qualifications/cambridge-primary/> (дата звернення 30.03.2023).

ASTRONOMY AS A COMPONENT OF THE SCIENCE CURRICULUM IN MIDDLE EDUCATION INSTITUTIONS

Anastasia Derazhenko – postgraduate student of the 3rd year of study

Maksym Rokytskyi – PhD, Associate Professor

Lyudmila Blagodarenko – Doctor of Science, Professor

The work examines the key aspects of learning astronomy as part of the new educational subject "Science". It emphasizes that studying astronomy as a scientific component of the "Science" curriculum not only enriches students' knowledge about the universe but also provides them with opportunities to learn the fundamentals of scientific research and experimental activities during the educational process. The article highlights that the Cambridge Pathway educational program reflects an effective and innovative form of teaching that fully corresponds to the functions of innovative learning systems.

Keywords: Science Subject, Cambridge Pathway Educational Program, Astronomy as a Scientific Component of the "Science" Curriculum.

TEACHING THE ASTRONOMY FUNDAMENTALS IN SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS IN THE FRAMES OF “SCIENCE” SUBJECT

Maksym Rokytskyi – PhD, Associate Professor

Halyna Rokytska – PhD, Senior Lecturer

Teaching the astronomy in secondary education institutions in Ukraine in recent years has been carried out mainly within the framework of integrated courses. This approach is well known and well developed in the world educational practice. Thus, in a number of countries of the world, the fundamentals of astronomy are studied within the framework of the “Science” subject, which, along with the integrated courses of “Physics and astronomy” and “Natural sciences”, is being introduced today into the educational process in a number of secondary

education institutions in Ukraine. Taking into account that the teaching of integrated courses of the natural cycle of academic disciplines for Ukrainian teachers is a kind of challenge, it is necessary to conduct a detailed analysis of the best world experience in this area.

Key words: astronomy; science; natural sciences; State standard; secondary education institutions; syllabus; curriculum; integrated course; world outlook.

Astronomy has been taught in the world secondary education institutions for more than a century. At different times and in different countries, astronomy was taught as an independent academic subject, as electives, as integrations into various academic subjects, etc.

At the moment, the teaching of astronomy in the Ukrainian secondary schools for more than 5 years has been carried out according to the programs of integrated courses “Physics and astronomy” [1], “Natural sciences” [2], etc. According to the content of these programs, the main goal of studying astronomy in secondary education institutions is the formation of general cultural competence, a scientific worldview and the foundations of a system of knowledge about the methods and results of studying the laws of motion, physical nature, the evolution of celestial bodies and the Universe as a whole. The main tasks of studying astronomy are based on the requirements of the State standard of basic and full general secondary education.

It is assumed that as the teachers of such new subjects can be teachers of natural sciences, and they will not need additional retraining. In turn, the curricula of these integrated courses are based on the knowledge that students received before the 10th grade. As a result, even a graduate who does not specialize in the natural sciences will be able to get a holistic world outlook and the entire spectrum of scientific ideas in the fields of astronomy, biology, physics and chemistry.

Thus, the teaching of astronomy in secondary education institutions aims to provide students with the basic knowledge in all areas of astronomy, focusing on highlighting those concepts that are a common cultural heritage and are necessary for a person in everyday life. Teaching astronomy at the profile level is a separate issue that requires additional consideration.

It is clear that such an approach to teaching astronomy has both strengths and weaknesses, so the introduction and teaching of such integrated courses, and especially the course “Natural sciences”, requires a detailed analysis and comparison with foreign counterparts within subjects such as “Science”, which are taught in secondary education institutions of the world within the framework of the relevant national standards [3-5], as well as in some educational institutions of Ukraine [6,7].

Consideration of the “Science” subject curricula, which is taught in a number of countries in Europe, America, Asia and Africa, shows that, unlike Ukrainian integrated courses, the introduction of the astronomy fundamentals into the educational process in secondary education institutions is carried out starting from the first or second grade. This approach is balanced and contributes to the formation of an appropriate children world outlook at an early school age, which gradually expands and deepens in secondary school. On the other hand, taking into account the clear profile orientation of the educational process in the graduating classes of foreign educational institutions, astronomy is often taught only as part of a physics course and only when an appropriate natural profile is chosen. It is clear that such features must be taken into account when adopting pedagogical experience. It is also clear that this issue requires a more detailed and comprehensive analysis.

Thus, this report is a statement of the problem of a comparative study of the world practice of teaching astronomy within the framework of integrated courses and especially “Science” course, and consideration of the positive and negative features of this approach.

References:

1. «Фізика і Астрономія 10-11» (рівень стандарту та профільний рівень). Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти авторського колективу Національної академії педагогічних наук під керівництвом Ляшенка О.І. – 2017. – 55 с.

2. «Природничі науки. Інтегрований курс 10-11». Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти авторського колективу під керівництвом Засекіної Т.М. – 2017. – 26 с.
3. Adams J., Slater T. Astronomy in the national science education standards // Journal of Geoscience Education. – 2000. - Vol. 48, №. 1. - P. 39-45.
4. National science education standards. Washington, DC: The National Academies Press, 1996. – 272 р.
5. International Astronomical Union Colloquium. The Teaching of Astronomy. Vol. 105: Cambridge University Press, 1990. – 445 р.
6. Рокицький М.О., Дераженко А.В. Новий навчальний предмет «Science» у закладах середньої освіти // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – 2022. – Випуск 28. – С. 57-61.
7. Благодаренко Л.Ю., Дераженко А.В., Рокицький М.О. Основні особливості навчального предмету “Science” в закладах середньої освіти // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Актуальні проблеми фізики, математики, інформатики та методики їх навчання” (18-20 січня 2023, Київ, Україна). – 2023. – С. 58-61.

ВИКЛАДАННЯ ОСНОВ АСТРОНОМІЇ У ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ В РАМКАХ ПРЕДМЕТА “SCIENCE”

Максим Рокицький – к.ф.-м.н, доцент

Галина Рокицька – к.ф.-м.н., старший викладач

Викладання астрономії у закладах середньої освіти в Україні в останні роки здійснюється переважно в рамках інтегрованих курсів. Такий підхід є загальновідомим та добре відпрацьованим у світовій навчальній практиці. Так у низці країн світу основи астрономії вивчаються у рамках предмету “Science”, який поряд із інтегрованими курсами “Фізика і астрономія” та “Природничі науки” запроваджується сьогодні у навчальний процес у ряді закладів середньої освіти України. Зважаючи на те, що викладання інтегрованих курсів природничого циклу навчальних дисциплін для українських педагогів є своєрідним викликом, то необхідним вважається проведення детального аналізу передового світового досвіду у цій сфері.

Ключові слова: астрономія; Science; природничі науки; державний стандарт; заклади середньої освіти; навчальний план; початкова програма; інтегрований курс; світогляд.

ВАЖЛИВІ ЧИННИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРІЄНТАЦІЇ МОЛОДІ НА ПРОФЕСІЇ АСТРОНОМІЧНОЇ СПРЯМОВАНOSTІ

Людмила Благодаренко – д-р пед. наук, професор

Сергій Василенко – доцент

У роботі наголошується, що професійно орієнтаційну роботу у напрямку професії астрономічної спрямованості можна ефективно здійснювати лише в тому випадку, коли в учнів сформований певний комплекс знань з астрономії, що дозволить їм зрозуміти призначення та зміст тієї або іншої спеціалізації у галузі астрономії. Запропоновано модель формування елементів знань з астрономії у комплексі з елементами професійної орієнтації протягом навчання учнів у 7–9-му класах на уроках фізики або за рахунок годин варіативної складової навчального плану.

Ключові слова: елементи знань з астрономії, професійна орієнтація, модель формування елементів знань з астрономії у комплексі з елементами професійної орієнтації.

В останні роки реалізація діяльності у напрямку професійної орієнтації на спеціальності у галузі природничих наук в закладах середньої освіти уповільнилася і значно ускладнилася. Під впливом настроїв у суспільстві у значної частини молоді відбулася деформація уявлень щодо престижу тієї або іншої професії, втрата мотивації професійного становлення, домінування споживацької психології. А внаслідок фактичної

відсутності професійної орієнтації молодь не обізнана у змінах стану і тенденціях ринку праці, не має своєчасної і достовірної інформації щодо потреб держави у фахівцях для різних сфер науки і техніки. Вчителі не завжди готові до надання допомоги учням в їх професійному самовизначенні, що призводить до необдуманого і необґрунтованого вибору професії. А це, у свою чергу, зумовлює невідповідність обраної професії до нахилів і здібностей молодої людини, що, у підсумку, наносить удар по якості молодих кадрів. З усіх можливих форм професійної орієнтації на сьогодні фактично діє тільки така, як укладання контрактів між закладами вищої та середньої освіти, що передбачає підготовку учнів до вступу в конкретний заклад вищої освіти. Але у більшості випадків реалізація таких контрактів здійснюється у формі підготовчих курсів з тих предметів, результати зовнішнього незалежного оцінювання з яких вимагаються при вступі. Зрозуміло, що при такій професійній орієнтації зазвичай не створюються умови для її психолого-педагогічного забезпечення, не враховуються особистісні характеристики учнів, а самі учні фактично не мають вибору, вони віддають перевагу найбільш простому варіанту вибору майбутньої професії, що в подальшому може мати негативні наслідки. Слід із жалем констатувати, що найбільш важка ситуація сьогодні склалася із професіями природничонаукової спрямованості, зокрема, з фізикою і астрономією. І якщо з фізикою ще є певні сподівання, що ситуація зміниться на краще, то з астрономією справа йде зовсім погано, оскільки в учнів у закладах середньої освіти мотивація до вивчення астрономії повністю відсутня. А це ще більше ускладнює проведення професійно орієнтаційної роботи. Але, незважаючи на існуючі проблеми, займатись такою роботою необхідно, при цьому вона вимагає модернізації і розроблення спеціальних програм і методичних посібників.

З чого і коли слід починати професійну орієнтацію на спеціальності, пов'язані з астрономією? Очевидно, що робити це у 7-му класі ще рано, а в 11-му вже пізно. І ще одна важлива проблема, яка відрізняє професійну орієнтацію на професії астрономічної спрямованості від професійної орієнтації навіть на фізико-технічні спеціальності. Справа в тому, що знання з фізики, хоча в більшості випадків і не на достатньому рівні, але в учнів все ж таки формуються, а от знання з астрономії в них відсутні. Можна сказати, що учні не мають про астрономію ні найменшого поняття. А про професійно орієнтаційну роботу можна вести мову лише в тому випадку, якщо в учнів сформований певний комплекс знань, що дозволить їм зрозуміти призначення та зміст тієї або іншої спеціалізації у галузі астрономії. Адже людина, яка обирає професію лікаря, має уявлення про те, чим він займається. А якщо учень не має знань про штучні супутники Землі або астероїди, то він навряд чи зацікавиться професією, представники якої визначають їх орбіти. Таким чином, ми хочемо зробити акцент на тому, що з урахуванням скрутного положення астрономії як навчального предмета, яке не відповідає сучасним потребам астрономії як науки, слід створювати нові моделі формування в учнів знань з астрономії, у яких будуть враховані і попереджені недоліки традиційних схем. І найбільш ефективною моделлю, на нашу думку, буде така, у якій формування знань з астрономії здійснюватиметься комплексно, системно і при цьому у тісному зв'язку із професійною орієнтацією. Багаторічний досвід роботи з учнями 7–9-х класів дозволяє зробити висновок, що формування знань з астрономії доцільно починати одразу із початком системного вивчення природничих наук у 7-му класі. Відповідно, можливість для цього забезпечують лише уроки фізики або заходи у рамках варіативної складової навчального плану (гуртки, факультативи). Але більш надійними виявляються все ж таки уроки фізики при вивченні навчального матеріалу, який можна зв'язати з питаннями астрономічного змісту. Так, у 7-му класі при вивченні питань «Траєкторія». «Рівномірний рух по колу», «Швидкість руху» та «Період обертання» (розділ 2) в учнів доцільно сформулювати такі елементи астрономічних знань, як річний рух Сонця, екліптика, рух планет Сонячної системи навколо Сонця, періоди обертання Місяця та інших планет. При розгляді цих

питань слід коротко, у стислому вигляді подати інформацію про зміну пір року на Землі, видимий рух і фази Місяця, конфігурації планет, закони Кеплера. У ході вивчення питання «Інертність тіл. Маса» (розділ 5) при розгляді способів вимірювання маси слід розповісти учням про визначення мас небесних тіл. При вивченні теми «Явище тяжіння. Сила тяжіння» логічно подати інформацію про закон всесвітнього тяжіння, рух штучних супутників Землі, виникнення припливів. Після розгляду цих питань доцільно використати елементи професійно орієнтаційної роботи. Зокрема, учням корисно повідомити, що фахівців астрономів можна розділити на три групи: спостерігачі, теоретики і астрономи-техніки, а далі пояснити зміст цих спеціальностей: спостерігачі і теоретики займаються одержанням даних, інтерпретацією результатів астрономічних досліджень та створенням методик експериментальної роботи. Астрономи-техніки займаються прикладними завданнями – вони проектують спеціалізоване астрономічне обладнання. Зрозуміло, що інформація, яка повідомляється, повинна бути чітко розділена за поняттями та адаптована не лише до вікових можливостей учнів, але і до рівня їх підготовки до її сприйняття. І у цьому питанні важлива функція покладається на вчителя фізики, який повинен завчасно здійснити діагностичні процедури і визначити той обсяг знань, який може бути усвідомлено засвоєний учнями на тому або іншому рівні залежно від їх індивідуальних особливостей. Причому у відношенні знань з астрономії важливо враховувати емоційно-ціннісний аспект пізнавальної діяльності, оскільки на певному віковому етапі, в основному у дитячому та підлітковому віці, у людини ще виявляється інтерес до астрономії, хоча і неусвідомлений. В подальшому у більшості людей він, на жаль, зникає. Але якщо цей інтерес вчасно підтримати та забезпечити його науковим змістом, навіть у мінімальному обсязі, це дозволить сформувати у частини учнів усвідомлені ціннісно-сміслові орієнтації. Крім того, формування правильних уявлень про оточуючий світ сприяє закладанню початків матеріалістичного світогляду і розуміння наукової картини світу, причому вже на рівні особистісного осмислення. Таким чином, впровадження запропонованої нами моделі формування елементів знань з астрономії у комплексі з елементами професійної орієнтації дозволить протягом навчання учнів у 7–9-му класах закласти у їх свідомості поняття мегасвіту, забезпечити часткове розуміння тих явищ, які у ньому відбуваються, одержати уявлення про діяльність астрономів, а головне – заповнити достатньо тривалий часовий розрив у засвоєнні знань з астрономії від 5-го і до 11-го класу. Безумовно, орієнтувати сучасних учнів на конкретні спеціалізації професії астронома на цьому етапі ще рано, оскільки навіть і в 11-му класі не всі випускники закладів середньої освіти визначаються з вибором подальшої професійної діяльності. Крім того, професія астронома, на жаль, не є масовою і у суспільстві вважається не популярною. Але наявність знань з астрономії полегшить задачі професійної орієнтації в подальшому, тому формування в учнів 7–9-х класів елементів знань з астрономії в рамках запропонованої нами моделі фактично є складовою частиною системи професійно орієнтаційної роботи, у певній мірі її вихідним етапом.

Таким чином, слід впроваджувати нові моделі професійної орієнтації з урахуванням особливостей тих професій, у відношенні яких вона проводиться, розвивати інфраструктуру професійної орієнтації, створювати центри професійної орієнтації, а також відповідні підрозділи у закладах середньої освіти, у яких будуть працювати спеціально підготовлені працівники. При цьому особливої уваги вимагають ті професії, які не користуються у молоді попитом, а це професії у галузі природничих наук, зокрема, професія астронома та спеціальності астрономічної спрямованості. Але найважливіша роль у процесі професійної орієнтації, безумовно, як належала, так і належатиме вчителю фізики і астрономії, який повинен бути до неї спеціальним чином підготовлений у ході одержання фахової освіти у вищій школі. Важливими чинниками ефективності професійно орієнтаційної роботи є розроблення системи контролю і дотримання стандартів і норм у напрямку професійної орієнтації та її результативності за основними

аспектами, а також забезпечення відповідними програмами і науково-методичними посібниками.

Список використаних джерел:

1. Шут М.І., Благодаренко Л.Ю. Новий навчальний предмет «Фізика і астрономія»: науковий та світоглядний аспект. Наукові записки. Випуск 169. Центральний державний педагогічний університет імені Володимира Вінниченка. Кропивницький, 2018. С. 167-171.

IMPORTANT FACTORS OF THE EFFICIENCY OF ORIENTING YOUTH TO THE ASTRONOMICAL PROFESSION

Lyudmila Blagodarenko – Doctor of Science, Professor

Serhii Vasylenko – Associate Professor

The theses emphasize that professional orientation work in the direction of astronomy-oriented professions can be effectively carried out only if students have a certain set of knowledge in astronomy, which will allow them to understand the purpose and content of a particular specialization in the field of astronomy. A model of the formation of elements of knowledge in astronomy combined with elements of professional orientation during the education of students in the 7th-9th grades in physics lessons or due to the hours of the variable component of the curriculum is proposed.

Keywords: elements of knowledge in astronomy, professional orientation, model of formation of elements of knowledge in astronomy in a complex with elements of professional orientation.

ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СУЧАСНИХ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПРИ ВИВЧЕННІ АСТРОНОМІЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Вікторія Думенко – канд. тех. наук, доцент

У статті обґрунтовано використання результатів сучасних астрономічних спостережень для формування астрономічних компетентностей у студентів, представлено рекомендації щодо розробки лабораторних робіт та задач на основі результатів спостережень космічного телескопа James Webb.

Ключові слова: космічний телескоп James Webb, астрономічні спостереження, спектральний аналіз.

На сучасному етапі розвитку людства астрономічні дослідження відіграють особливо важливу роль та їх цінність невіддільно зростає. Вона обґрунтовується значенням космічних досліджень для ефективного функціонування високотехнологічного суспільства та світоглядним значенням досліджень Всесвіту для розуміння сучасної науково-природничої картини світу. На сьогодні дослідження будови та еволюції Всесвіту набувають широких можливостей з використанням космічних телескопів нового покоління. При вивченні астрономії важливим є використання результатів сучасних астрономічних спостережень, зокрема, отриманих телескопом *James Webb Space Telescope* для формування астрономічних компетентностей майбутнього вчителя фізики і астрономії та з метою популяризації астрономії як науки - науки минулого, теперішнього та майбутнього, яка робить внесок у розвиток інших наук; галузь знань, в якій маса запитань, досліджень і розвиток якої потрібно підтримувати інтелектуальним потенціалом підрастаючих поколінь.

Науковий журнал «Science» назвав космічний телескоп "Джеймс Вебб" найбільшим науковим проривом 2022 року. Названий на честь керівника НАСА 1960-х, велетенський апарат, який нерідко називають наступником "Габбла", допоможе вченим

зазирнути на мільярди років у минуле, побачити Всесвіт зовсім юним і детально вивчити, як з пилу Великого вибуху народжуються найперші зірки й галактики.

Неоціненні дані, по крихті зібрані золотим дзеркалом обсерваторії, відкриють нам таємниці часу й простору, розкажуть про еволюцію галактик - а можливо, допоможуть знайти людству новий дім [1].

Космічний телескоп ім. Джеймса Вебба (*James Webb Space Telescope, JWST*) американський орбітальний інфрачервоний космічний телескоп призначений для широкого спектра спостережень в астрономії і космології, зокрема, спостереження найвіддаленіших об'єктів і подій у Всесвіті (рис.1). Проект здійснюється шляхом міжнародної співпраці 17 країн, на чолі з НАСА, зі значним внеском Європейського та Канадського космічних агенств. Загальна вартість проекту перевищила 10 млрд \$.

Телескоп успішно запущено о 12:20 UTC 25 грудня 2021 року ракетою-носієм Аріан -5.. Він прибув до точки Лагранжа Сонце - Земля L2 у січні 2022 року. Перше зображення було опубліковано на прес-конференції 11 липня 2022 р. Уже в перші тижні своєї роботи JWST вдалося зробити відкриття, можливо, найвіддаленішого астрономічного об'єкта за історію спостережень - галактики GLASS-z13 [1].

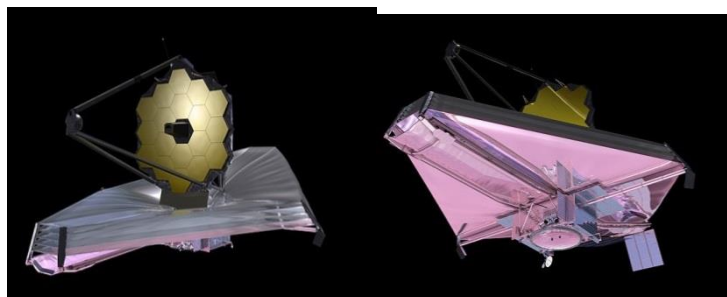


Рис. 1. James Webb Space Telescope

Основні напрямки досліджень **JWST**:

- Дослідження раннього Всесвіту: світло перших галактик, одразу після епохи космологічних темних віків;
- Вивчення еволюції галактик: Веббу будуть доступні тьмяніші й віддаленіші галактики для спостереження;
- Еволюція зір: телескоп здатен зазирнути всередину масивних газопилових хмар, які непрозорі для видимого світла;
- Спектроскопія екзопланет: Вебб може знайти такі маркери життя (або придатності до життя) як вода чи метан у спектрах екзопланет.

Основні завдання будуть вирішуватись з використанням інтегрованого науково-інструментального модуля (*Integrated Science Instrument Module, ISIM*), складається з таких дослідницьких інструментів:

- Камера ближнього інфрачервоного діапазону (*Near-Infrared Camera, NIRCam*).
- Спектрограф ближнього інфрачервоного діапазону (*Near-Infrared Spectrograph, NIRSpec*).
- Прилад для роботи в середньому діапазоні інфрачервоного випромінювання (*Mid-Infrared Instrument, MIRI*).
- Датчик точного наведення з пристроєм формування зображення в ближньому інфрачервоному діапазоні з безщілинним спектрографом (*Fine Guidance Sensor/Near InfraRed Imager and Slitless Spectrograph, FGS/NIRISS*).

Такі напрями досліджень з використанням . James Webb Space Telescope є можливими за рахунок використання інфрачервоних довжинах хвиль, тобто «тепла» від віддалених об'єктів. Наприклад, камера середнього інфрачервоного діапазону (MIRI) є чутливою достатньо, щоб виявити свічку на одному із супутників Юпітера! Отримання

інфрачервоного зображення є технологією «нічного бачення», яка може знаходити теплі предмети вночі через тепло, яке вони випромінюють. Інфрачервона астрономія використовується з 1960-х років для аналогічного зображення далеких планет, зірок і галактик, щоб досліджувати їхні властивості, які не можна помітити в оптичному діапазоні довжин хвиль. Серед найбільш захоплюючих аспектів цієї технології є те, що інфрачервоне світло може проникати крізь хмари міжзоряного пилу, відкриваючи приховані всередині молоді зірки.

При викладанні астрономії важливо використовувати сучасні зображення отримані JWST.

Найновіші результати, які було отримані у 2023 році.

У лютому 2023 року на сайті NASA розміщено фотографію Урана, зроблену космічним телескопом імені Джеймса Вебба. Як вказують в агентстві, це найдокладніший знімок планети з усіх, які будь-коли вдавалося отримати.

Вона була зроблена з використанням двох фільтрів та з короткою 12-хвилинною експозицією (рис.2). На новому зображенні Урана добре видно 11 із 13 відомих кілець планети, деякі з яких настільки яскраві, що трохи зливаються одне з одним. Що дійсно вразило астрономів, так це той факт, що камера ближнього інфрачервоного діапазону (NIRCam) має достатню чутливість, щоб сфотографувати два найближчих до планети кільця. Також можна розглянути шість із 27 відомих вченим супутників планети-гіганта. Це найяскравіші з місяців; решта занадто тьмяні, щоб їх можна було побачити за відносно коротку 12-хвилинну експозицію. У NASA уточнюють, що кадр був отриманий за допомогою NIRCam (Near-InfraRed Camera, камера ближнього інфрачервоного діапазону) [3].



Рис. 2. Фотографія Урана, зроблена космічним телескопом імені Джеймса Вебба

07.04.2023: Вебб отримав зображення залишку наднової Кассіопеї А (Cas A) (рис.3), утворений зоряним вибухом 340 років тому. Cas A є наймолодшим відомих залишком масивної зірки, що вибухає, у нашій галактиці, що робить її унікальною можливістю дізнатися більше про

те, як виникають такі наднові. Спостереження виявили, що навіть дуже молоді галактики в ранньому Всесвіті просякнуті величезною кількістю пилу. Важко пояснити походження цього пилу, не звертаючись до наднових, які викидають велику кількість важких елементів (цеглинок пилу) у космос. Однак існуючі спостереження за надновими не змогли остаточно пояснити кількість пилу, який ми бачимо в тих ранніх галактиках. Вивчаючи Cas A разом з Веббом, астрономи сподіваються отримати краще розуміння вмісту пилу, що може допомогти нам зрозуміти, де створюються будівельні блоки планет і нас самих. Наднові, подібні до тієї, яка сформувала Cas A, мають вирішальне значення для життя, яким ми його знаємо. Вони поширюють міжзоряним простором такі елементи, як кальцій, який ми знаходимо в наших кістках, і залізо в нашій крові, створюючи нові покоління зірок і планет [3].

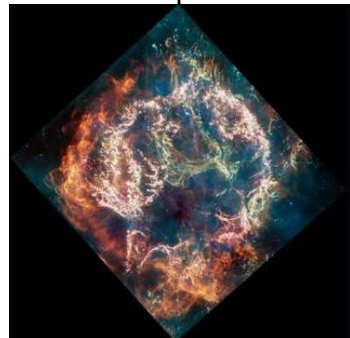


Рис. 3. Зображення залишку наднової Кассіопеї А

Космічний телескоп Джеймса Вебба (JWST), виявив і найдавнішу надмасивну чорну діру (рис.4), маса якої в 10 мільйонів разів перевищує масу Сонця, що активно росте, поглинаючи речовину з простору навколо себе. Космічний

монстр міг бути лише однією з незліченних чорних дір, які ставали все більшими розмірами під час космічного світанку - періоду, який почався приблизно через 100 мільйонів років після Великого вибуху, коли молодий Всесвіт світився протягом мільярда років [4].

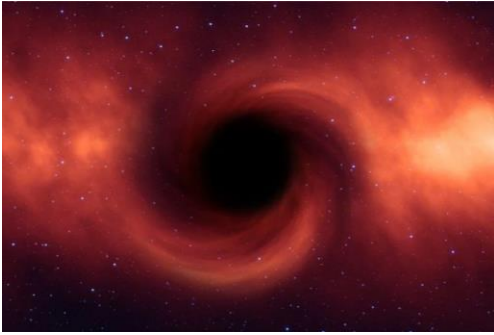


Рис. 4. Зображення найдавнішої надмасивної чорної діри

Використання зображень Вебба при проведенні практичних занять з астрономії

1) Визначення відстані до галактик за червоним зміщенням у їх спектрах

У спектрах далеких галактик лінії зміщені у бік червоного кінця спектра (червоний зсув).

$$v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}, \quad (1)$$

За законом Хаббла

$$v_r = Hr, \quad (2)$$

Однак при великих швидкостях, порівнянних зі швидкістю світла c , формула (2) стає неточною. Відповідно до спеціальної теорії відносності променева швидкість

$$v_r = c \frac{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\right)^2 - 1}{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\right)^2 + 1}, \quad (3)$$

Пропонується визначити відстані до галактик спектри яких було отримано JWST Використовуючи прилад Вебба NIRCam, вчені спостерігали поле в дев'яти різних діапазонах інфрачервоних хвиль. На рис.5 зображено спектри слабких галактик, видимі в інфрачервоному діапазоні. Чотири з досліджених галактик є особливо особливими, оскільки було виявлено, що вони належать до безпрецедентно ранньої епохи. Ці галактики датуються менш ніж 400 мільйонами років після Великого вибуху, коли вік Всесвіту становив лише 2% свого поточного віку.

2) Дослідження спектрів атмосфер планет та екзопланет

Одним із важливих методів у дослідженні планет та екзопланет є спектральний аналіз.

Сонячне світло, спектр якого добре вивчений, відбивається від атмосфер і поверхонь планет, зазнаючи в них часткове поглинання. По змін в спектрі відбитого планетою світла в порівнянні з сонячним судять про хімічний склад планетних атмосфер і їх поверхонь. За спектрами судять про хімічний склад хвостів і ядер комет, поверхонь тіл Сонячної системи, хмар міжзоряних пилу і газу. Спектр дозволяє визначити і температури небесних тіл. При різних температурах потужність світлового випромінювання по-різному розподіляється по довжині спектра. Чим поверхню зірки холодніше, тим більше максимум її випромінювання зсувається до області червоного світла, і навпаки. Розуміння співвідношення різних елементів по відношенню один до одного також дає підказки щодо того, як утворилася планета.

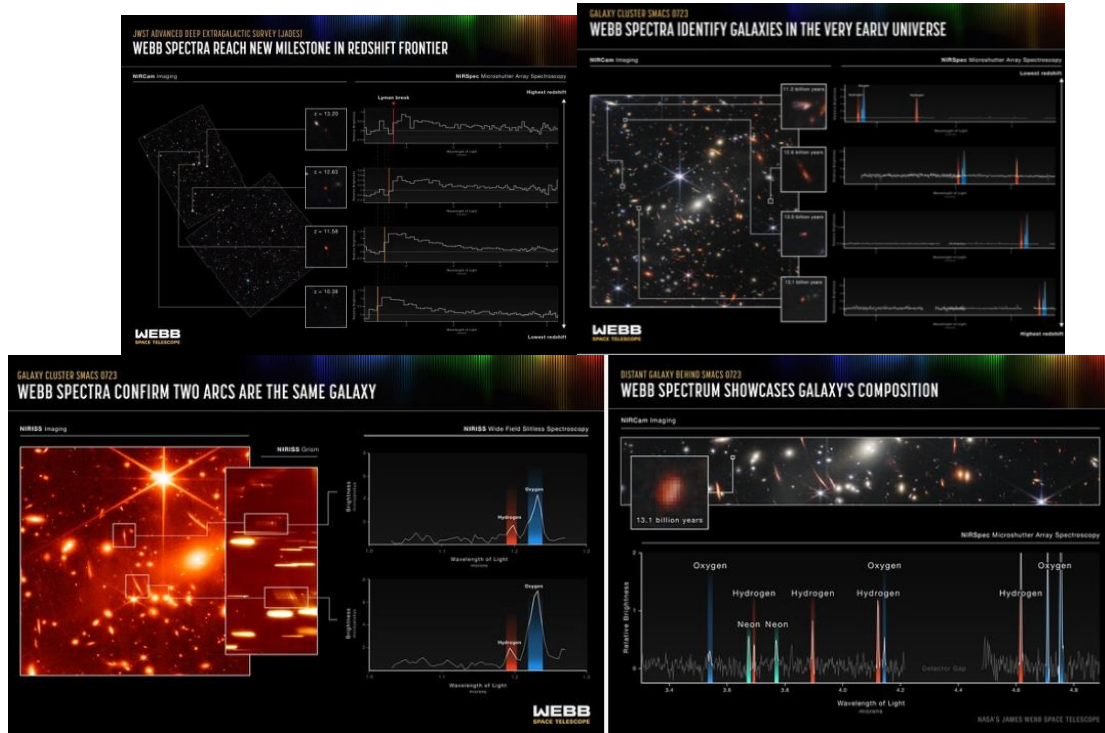


Рис. 5. Спектри галактик [5]

На основі порівняння спектрів з'ясувати хімічний склад атмосфер та проаналізувати можливості для виникнення життя на екзопланетах. Спектри атмосфер екзопланет, Землі і Марса представлено на рис.6.

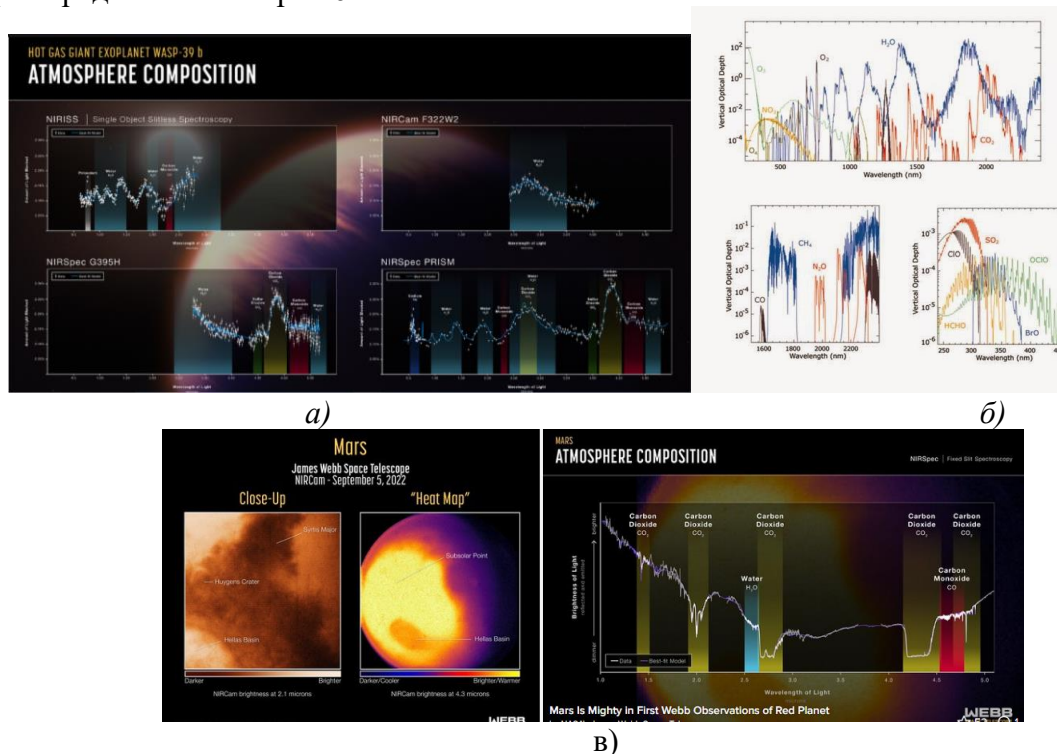


Рис. 6 Спектри атмосфер: екзопланет (а); Землі (б); Марса (в) [5]

Розв'язування задач з астрономії на основі результатів сучасних досліджень.

Задача 1. *Black Holes*...

Завдяки двом орбітальним рентгенівським обсерваторіям астрономи отримали перші вагомі докази того, що надмасивна чорна діра розриває зірку та поглинає її частину. Ця

подія, зафіксована рентгенівськими обсерваторіями NASA Chandra та ESA XMM-Newton, давно передбачалася теорією, але ніколи не була підтверджена досі (рис.7).



Рис. 7. Надмасивна чорна діра

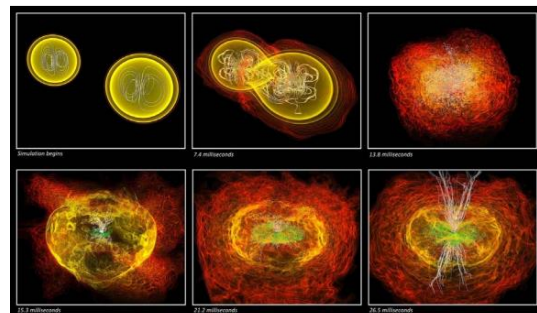
1) Радіус Шварцшильда чорної діри визначається формулою $R = 2,83 M$, де R — радіус у кілометрах, а M — маса чорної діри в одиницях маси Сонця. Надмасивна чорна діра може мати масу в 100 мільйонів разів більше Сонця. Чому дорівнює її радіус Шварцшильда в: а) кілометрах б) в астрономічних одиницях.

2.) Якщо маса Сонця становить $1,9 \cdot 10^{33}$ г, скільки сонць на рік має споживати надмасивна чорна діра 3C273: а) при 100% ефективності перетворення? б) При ефективності перетворення чорної діри 7%? Примітка: 7% ефективності означає, що на кожні 100 грамів 7 грамів перетворюються на чисту енергію

Задача 2. Supercomputers - Modeling colliding neutron stars!

Моделювання зображення суперкомп'ютером на 0,0, 0,007, 0,014, 0,015, 0,021 і 0,026 секунди процесів, що відбувається з двома нейтронними зірками, коли вони стикаються та зливаються (рис.8). Кожна нейтронна зірка, щільне ядро зірки після наднової, має масу приблизно в 1,5 рази більшу за масу Сонця.

Рис. 8. Моделювання зображення суперкомп'ютером процесів, що відбувається з двома нейтронними зірками [5]



1) З якою швидкістю дві нейтронні зірки наближалися одна до одної між 0,007 і 0,014 секунди після зорі, яка була обчислена?

2) Радіус чорної діри з масою M мас Сонця визначається формулою $R = 3,0 M$, де R — радіус горизонту подій у кілометрах. Якщо останнє розраховане зображення на 0,026 секунди представляє остаточний розмір злиття нейтронної зірки, чи стане вона чорною дірою?

Рис. 9. Сонячне цунамі

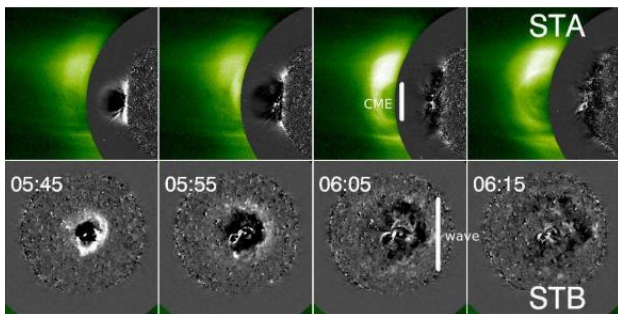


Рис. 9. Сонячне цунамі

Задача 3. STEREO Watches the Sun Kick Up a Storm!

Сонячне цунамі, яке сталося 13 лютого 2009 року, нещодавно було ідентифіковано за даними супутників NASA STEREO (рис.9). Було помічено, що він мчить по поверхні Сонця. Вибух викинув CME вагою мільярд тонн у космос і спричинив цунамі, що мчить поверхнею Сонця. STEREO записав хвилю з двох позицій, розділених на 90 градусів, даючи дослідникам вражаючий огляд події. Супутник А (STA) надав вид збоку на вибух, який називається корональним викидом маси (CME), а супутник В (STB) спостерігав за вибухом прямо згори. Технічна назва — «швидка магнітогідродинамічна хвиля» або скорочено «МГД-хвиля». Той, який бачив STEREO, мчав назовні зі швидкістю (250 км/с), заповнюючи таку кількість енергії, як 2400 мегатонн тротилу [6].

1) У нижній смузі зображень сонячний диск визначено плямистою круглою областю, фізичний радіус якої становить 696 000 кілометрів. За допомогою міліметрової лінійки визначте масштаб цих зображень у кілометрах/мм.

2) Біле кругле кільце визначає зовнішній край МГД-хвилі, що розширюється. На скільки кілометрів розширилося кільце між 05:45 і 06:15? (Примітка «05:45» означає 5:45 за всесвітнім часом).

3) . Виходячи з ваших відповідей на завдання 1 і 2, якою була приблизна швидкість цієї МГД-хвилі в кілометрах/с?

4) Припустімо, що маса СМЕ становила близько 1 мільйона метричних тонн, скористайтеся своєю відповіддю на завдання 3, щоб обчислити кінетичну енергію, яка буде виражена у джоулях

5) Якщо 1 кілотонна тротилу має вибухову енергію $4,1 \times 10^{12}$ Джоулів, скільки мегатонн тротилу становить кінетична енергія цунамі?

На сайті NASA Webb Telescope є можливість використати віртуальні ігри: «Score It Out!»- Навчальна гра, яка порівнює простий телескоп із космічним телескопом Джеймса Вебба та космічним телескопом Хаббла (рис.10).

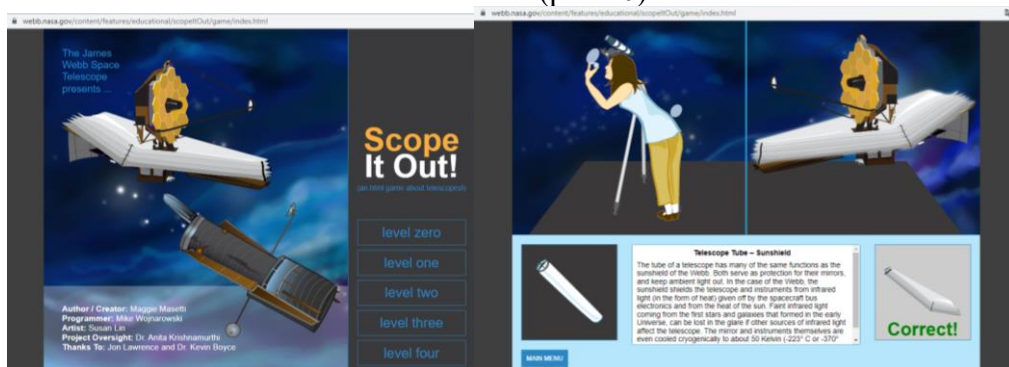


Рис. 10. Вікно віртуальної гри «Scope It Out!» [7]

Build-It-Yourself: Satellite!- навчальна гра в якій можна побудувати власний супутник (рис.11).

Можливо вибрати завдання, для вирішення якого використовуватиметься супутник, а потім вибрати, які довжини хвиль, інструменти та оптика допоможуть їх вирішити. Після запуску власного супутника, можна побачити, як він виглядає, і дізнатися, яка справжня місяця має дані, подібні до створених власноруч. Можна відкрити для себе широкий спектр астрономічних місій, починаючи з 1980-х років і до сьогодні.

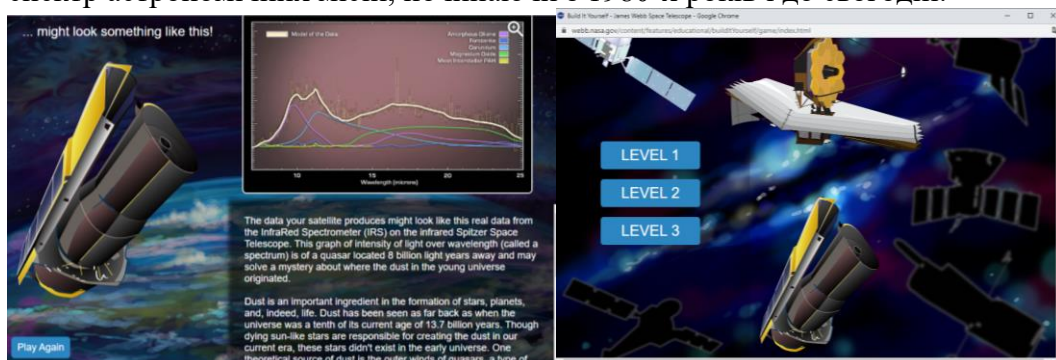


Рис. 11. Вікно віртуальної гри «Build-It-Yourself: Satellite!» [7]

Використання результатів астрономічних спостережень, зокрема спостережень James Webb Space Telescope є важливим для розуміння можливостей сучасних методів досліджень та перспективних напрямків в астрономії, формування уявлень про будову та еволюцію Всесвіту. Запропоновано приклади застосування зображень і результатів

наукових досліджень при викладанні лекційного матеріалу, проведенні лабораторних занять та розв'язуванні задач.

Список використаних джерел:

1. "Джеймс Вебб". Найдорожчий у світі телескоп нарешті вийде на орбіту.
URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-59702557>
2. Rings around Uranus! James Webb Space Telescope captures stunning image of ice giant.
URL: <https://www.space.com/james-webb-space-telescope-uranus-rings-photo>
3. NASA показало залишки зірки після її "смерті" - фото <https://www.online.ua/>
URL: <https://scitechdaily.com/journey-to-the-edge-of-time-james-webb-space-telescope-reveals-most-distant-galaxies/>
4. The Earliest Supermassive Black Hole Ever Found Has Just Been Spotted.
URL: <https://www.sciencealert.com/the-earliest-supermassive-black-hole-ever-found-has-just-been-spotted>
5. Webb Images/Science – 2022.
URL: <https://www.flickr.com/photos/nasawebbtelescope/albums/72177720301006030>
6. STEREO Watches the Sun Kick Up a Storm!
URL: <https://spacemath.gsfc.nasa.gov/weekly/6Page92.pdf>
7. Наука та дослідження.
URL: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb

USE OF THE RESULTS OF MODERN ASTRONOMICAL OBSERVATIONS IN THE STUDY OF ASTRONOMY IN INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION

Viktoriya Dumenko – PhD, Associate Professor

The article substantiates the use of the results of modern astronomical observations for the formation of astronomical competences among students, presents recommendations for the development of laboratory works and tasks based on the results of observations of the James Webb space telescope.

Key words: James Webb space telescope, astronomical observations, spectral analysis.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС НЕСПРИЯТЛИВИХ ПОГОДНИХ УМОВ

Олександр Кузьминський – канд. пед. наук, ст. викладач

Наталія Мислицька – д-р пед. наук, професор

Віта Демкова – канд. пед. наук, викладач науково-природничих та математичних дисциплін

У статті розглянуто можливості використання електронних освітніх ресурсів для проведення віртуальних астрономічних спостережень в умовах несприятливих для реальних спостережень. Запропоновано використання апаратних та програмних засобів, які допоможуть виконати основні педагогічні завдання з астрономії.

Ключові слова: віртуальні астрономічні спостереження, електронні освітні ресурси, гаджети, Stellarium, програмне забезпечення

Астрономічні спостереження є основою сучасної астрономічної науки та освіти. Видатні українські астрономи-дослідники та педагоги, зокрема: Яцків Я. С., Чурюмов К. І., Лозицький В. Г., Криводубський В. Н., Шут М. І., Мартинюк М. Т., Коршак Є. В., Благодаренко Л. Ю., Сиротюк В. Д., Заболотний В. Ф., Крячко І. П., – визначають процес проведення реальних астрономічних спостережень, як один з найінформативніших

методів навчання астрономії.

Головна астрономічна обсерваторія НАН України, крім наукової діяльності, активно займається популяризацією астрономії серед населення. Особлива увага звертається до учнів середніх закладів освіти та студентів вищих закладів освіти. В обсерваторії та інших підпорядкованих закладах проводяться екскурсії, виставки, конференції. Співробітники ГАО НАН України створюють та видають електронні та друковані посібники та довідники, де у популярній формі описують складні астрономічні процеси [3].

Іван Крячко та Валентина Боровик описують астрономічні дослідження, які читачі можуть виконати самостійно. Вони нескладні й не потребують спеціального обладнання. Для виконання деяких робіт потрібна мапа зоряного неба, яку вміщено наприкінці друкованого посібника. Виконавши запропоновані астрономічні спостереження, читач може отримати цінний досвід дослідника природи. Окрім цього, автори радять споглядати зоряне небо разом з дорослими чи дітьми, з друзями чи самостійно. Незалежно від того, де ви мешкаєте, у великому місті, селищі чи селі, знайдіть можливість побачити справжнє зоряне небо [1].

Нажаль, вище описані та відомі кожному учителю та учневі спостереження з підручників І.А. Климишина та М.П. Пришляка для 11-го класу заважають проводити погодні умови. Погодні реалії на Поділлі змінюються та за останнє десятиліття збільшилась кількість хмарних днів. Тому, провести заплановані чи спонтанні астрономічні спостереження стає вкрай складно.

Таким чином, вирішенням проблеми погодних умов може стати подорожування до інших регіонів зі сприятливішими умовами, або використання «замінників» зоряного неба, тобто електронних моделей.

«Замінниками» можуть бути екскурсії до планетарію, але такі заклади працюють, зазвичай, за запланованим сценарієм і проведення спостережень окремих об'єктів виявиться не реалізованою задачею особливо в години поза робочим графіком установи.

В умовах цифрової трансформації у сфері освіти і науки найбільш доступним способом проведення астрономічних спостережень є використання віртуальних планетаріїв та інших аналогічних електронних освітніх ресурсів.

Докладно описано інструкцію з використання віртуальних планетаріїв на прикладі Stellarium Іваном Крячком у методичному посібнику для вчителя: «Моделювання навчальних астрономічних спостережень» [2].

У методичній практиці кафедри науково-природничих та математичних дисциплін Комунального закладу вищої освіти «Вінницький гуманітарно – педагогічний коледж» симулятори астрономічних спостережень використовуються досить часто, відповідно до умов спостережень. Дещо ефективнішим серед цифрових засобів є використання гаджетів (мобільних пристроїв), що оснащені датчиками «компас» та «гіроскоп». Тобто, це більшість сучасних смартфонів та планшетів.

Іван Крячко у своєму посібнику влучно згадує слова відомого французького астронома Франсуа Араго (1786—1853), який сказав, що астрономія не потребує прикрас. Так ось моделювання астрономії, цих «прикрас», якраз потребує. І для того, щоб організувати віртуальні астрономічні спостереження, потрібно використовувати усі можливі сучасні цифрові засоби.

Ми використовуємо декілька способів віртуально проводити спостереження. Один з них передбачає використання студентами власних гаджетів зі встановленими, попередньо, віртуальними планетаріями Stellarium mobile (рис.1). Ця версія програми має позначку ввімкнення датчиків, та відображає «нічне» зоряне небо відповідної частини небесної сфери, на яку направлено гаджет. Такий спосіб доцільно використовувати, якщо студент опанував інструкцію до програми та опрацював теоретичний матеріал до теми: «Основні лінії і точки небесної сфери». Тоді використання гаджету із програмою, буде рівноцінним до виконання студентом практичної роботи.



Рис. 1. Програма віртуальний планетарій для мобільних пристроїв

Якщо віртуальний планетарій Stellarium mobile використовувати для пояснення нового матеріалу, або практична робота має фронтальний зміст, то потрібно під'єднати гаджет до екрану або проектора.

Враховуючи різноманітність виробників техніки та програмного забезпечення однакової для всіх, або універсальної інструкції не існує. Потрібен індивідуальний підхід. Якщо вчитель/викладач використовує цифрову техніку закладу освіти в якому працює, то важливо опанувати усі можливості тих пристроїв, до яких має доступ.

Найпоширеніший варіант – це наявність цифрового телевізора в навчальному кабінеті чи лабораторії. Підключити до сучасного телевізора смартфон або планшет можливо декількома способами: використовуючи відповідний з'єднувальний кабель (найчастіше HDMI USB Type-C); використовуючи бездротове з'єднання (WI-FI або Bluetooth), для такого з'єднання потрібно довістановлювати додаткове програмне забезпечення (рис. 2).



Рис. 2. Позначення програм для підключення до телевізора

Якщо, в наявності є система комп'ютер/ноутбук та телевізор або проектор, а ще краще інтерактивна панель, то використовуючи бездротове з'єднання та програми для передавання зображення екрану гаджета, можемо отримати демонстрування програми віртуальний планетарій на «великий»

екран (рис. 3).



Рис. 3. Демонстрація екрану смартфона на телевізорі

Демонстрація екрану смартфона/планшета на екранах великих розмірів створює для вчителя можливість пояснити складні для сприйняття теми сферичної астрономії. Та підготувати або фронтально провести віртуальні астрономічні спостереження за будь-яких погодних умов. Також є можливість спостерігати будь-які астрономічні явища, вмикати «паузу», збільшувати/зменшувати zoom тощо.

Список використаних джерел:

1. Астрономія. Самовчитель / Валентина Боровик, Іван Крячко; НАН України, Головна астрономічна обсерваторія. – Київ: Академперіодика, 2019. – 142 с.
2. Крячко І.П. Моделювання навчальних астрономічних спостережень. Методичний посібник для вчителя. — К. : Наше небо, 2011. – 20 с.
3. Довідник популяризатора астрономії / Іван Крячко; Головна астрономічна обсерваторія НАН України. — Київ: ВЦ «Наше небо», 2022. – 154 с.

METHODICAL APPROACHES TO CONDUCTING ASTRONOMICAL OBSERVATIONS USING ELECTRONIC RESOURCES DURING ADVERSE WEATHER CONDITIONS

Olexandr Kuzmyskyi – PhD, Senior Lecturer

Natalia Myslitska – Doctor of Science, Professor

Vita Demkova – PhD, teacher of science and mathematics disciplines

The article considers the possibilities of using electronic educational resources for conducting virtual astronomical observations in conditions unfavorable for real observations. It is proposed to use hardware and software tools that will help to perform the main pedagogical tasks in astronomy.

Keywords: virtual astronomical observations, electronic educational resources, gadgets, Stellarium, software.

ФІЗИКА НАЙЦІКАВІШИХ НЕБЕСНИХ ЯВИЩ

Марія Копитко – студентка 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М. Коцюбинського

У роботі розглядаються такі найцікавіші небесні явища як затемнення, полярні сяйва, зодіакальне світло, яскраві комети.

Ключові слова: небесні явища, небесні тіла, астрономія, космос, Всесвіт, фізика, затемнення, полярне сяйво, зодіакальне світло, яскраві комети.

Фізика небесних явищ завжди була предметом цікавості і досліджень для науки та громадськості. З моменту початку цивілізації, люди спостерігали за рухом небесних тіл і намагалися зрозуміти, як вони працюють. Сьогодні, за допомогою сучасних інструментів та технологій, ми можемо досліджувати ці явища з більшою точністю і розумінням, ніж коли-небудь раніше.

Астрономія є наукою, яка вивчає всі явища та об'єкти, які знаходять за межами Землі. На сьогоднішній день астрономи спостерігають найцікавіші небесні явища, вивчаючи закони природи, які керують рухом і взаємодією об'єктів у космосі. Можливість вивчення космосу є наслідком бажання знати більше про наше походження, про природу Всесвіту та про можливості його вивчення. Один із найцікавіших аспектів астрономії - це фізика небесних явищ.

Астрономія стає все більш важливою в нашому житті, оскільки допомагає нам зрозуміти, як працює наш Всесвіт і як ми можемо його зберегти. Дослідження космосу допомагають нам зрозуміти, які є можливості для винайдення нових технологій, що полегшують наше життя на Землі.

Загалом, небесні явища - це дивовижний і дуже важливий аспект нашого Всесвіту. Небесні явища можуть бути різних розмірів і форм, від гігантських галактик до невеликих космічних тіл. Деякі з них можуть бути досить звичайними і знайомими, такі як зорі та планети, а інші можуть бути неймовірно складними і дивовижними, такі як чорні діри та гравітаційні хвилі.

Усі ці небесні явища надзвичайно цікаві для вивчення та дослідження, оскільки вони допомагають нам зрозуміти природу нашого Всесвіту та його еволюцію. Крім того, вивчення небесних явищ може мати практичне застосування, наприклад, у сфері космічної технології, навігації та комунікації.

І зараз ми розглянемо деякі з них, наприклад, затемнення, полярні сяйва, зодіакальне світло, яскраві комети.

ЗАТЕМНЕННЯ:

Затемнення - це явище, коли одне небесне тіло перекриває інше. Затемнення може бути повне, коли одне небесне тіло повністю перекриває інше, або часткові, коли тільки частина тіла перекривається. Найбільш відомим затемненням є повне затемнення Сонця, коли Місяць перекриває Сонце та створює тінь на Землі. Затемнення - це важливі події для астрономів, оскільки вони дають змогу дослідити атмосферу та інші властивості небесних тіл. [1, с. 21]

Сонячне затемнення:

Одним з найцікавіших небесних явищ, яке ми можемо спостерігати, є тотальне сонячне затемнення. Це явище виникає, коли Місяць проходить між Сонцем та Землею, затемнюючи Сонце на деякий час. Тотальне сонячне затемнення може бути спостережене тільки з певних місць на Землі, що робить його рідкісним і цінним для астрономів та аматорів.

Іноді, коли Місяць обертається навколо Землі, він рухається між Сонцем і нашою планетою, блокуючи світло від зірки та утворюючи сонячне затемнення, іншими словами, це відбувається, коли Місяць відкидає свою тінь на поверхню Землі.

Є три типи сонячних затемнень, й вони відрізняються одне від одного тим, як та наскільки Місяць закриває Сонце. [1, с. 22]

- **Повне сонячне затемнення**

Повне сонячне затемнення відбувається, коли Сонце, Земля і Місяць стоять в одній лінії, і останній повністю блокує сонячне світло. На кілька секунд (іноді хвилин) небо стає таким темним, що здається, ніби настала ніч.

За словами вчених NASA, "через астрономічні збіги повне сонячне затемнення можливе лише на Землі. Сонце знаходиться приблизно в 400 разів далі від Землі, ніж Місяць, а його діаметр майже в 400 разів більше, ніж Місяць".

В результаті їх диски приблизно такого ж розміру, як видно з Землі, і під час сонячного затемнення Місяць майже ідеально закриває Сонце. Якби воно було меншим, ми б ніколи не побачили повного сонячного затемнення.

Місяць закриває Сонце, відкидаючи конусоподібну тінь, вершина якої досягає поверхні Землі. У цьому випадку тіньові конуси простежують певну криву на поверхні нашої планети, яка називається повною фазовою зоною. З місць у цьому діапазоні люди побачать повне сонячне затемнення.

Що ж до тривалості, то воно залежатиме від положення Землі відносно Сонця, Місяця відносно Землі та від того, яка частина Землі затемнюється.

Теоретично найдовше сонячне затемнення може тривати 7 хвилин 32 секунди, так стверджує чилійський астрофізик.

Що ж до частоти, то повні сонячні затемнення не такі рідкісні, як ви думаєте: вони відбуваються приблизно кожні 18 місяців. Що дійсно рідкість, так це можливість побачити затемнення в одній і тій самій точці Землі, - таке відбувається раз на 375 років.

Цього року повне сонячне затемнення було 4 грудня, але щоб його побачити, потрібно було поїхати в Антарктиду. [2, с. 25-26]

- **Кільцеподібне сонячне затемнення**

Відбувається, коли Місяць перебуває на більшому видаленні від Землі, візуально виглядає меншим від Сонця в діаметрі та не повністю закриває зірку.

У максимальній фазі затемнення Місяць закриває Сонце, але навколо Місяця видно яскраве кільце незакритої частини сонячного диска.

10 червня 2021 року таке затемнення можна було побачити у далеких північних широтах: максимальну фазу - в деяких частинах Канади, Гренландії і часткову - на більшій частині Європи, Центральної Азії та Китаю.

За даними НАСА, кільцеподібні затемнення зазвичай - найдовші, оскільки можуть тривати понад десять хвилин, але в середньому тривають не більше п'яти-шести. [3, с. 6]

- **Гібридне сонячне затемнення**

Гібридне затемнення відбувається, коли Місяць перебуває саме на такій відстані, коли міг би повністю закрити Сонце, але рухаючись, віддаляється від Землі й перестає закривати Сонце, утворюючи кільцеподібне затемнення.

Під час такого затемнення його характер змінюється з повного на кільцеподібне і навпаки.

За даними Канарського інституту астрофізики, це доволі рідкісний тип сонячного затемнення, на його частку припадає близько 4% всіх сонячних затемнень.

Востаннє гібридне сонячне затемнення на Землі спостерігали у 2013 році, а найближче очікують 20 квітня 2023-го. Його, за даними НАСА, побачать мешканці Індонезії, Австралії та Папуа Нової Гвінеї. [4, с. 28]

Місячні затемнення:

Місячне затемнення відбувається, коли Місяць під час руху потрапляє в область тіні Землі. Іншими словами, під час місячного затемнення ми бачимо тінь Землі, що падає на її супутник.

Як пояснюють вчені Канарського інституту астрофізики, місячне затемнення можна спостерігати на всій півкулі Землі, зверненій у цей час до Місяця, - тобто там, де на момент затемнення Місяць перебуває над горизонтом.

Вчені додають, що затемнений Місяць з будь-якої точки Землі, де його взагалі видно, виглядає практично однаково - у цьому докорінна відмінність місячних затемнень від сонячних, які видно лише на обмеженій території. [5, с. 16]

Існує три типи місячних затемнень.

- Повне місячне затемнення

Місяць і Сонце розташовані на протилежних полюсах Землі.

У NASA пояснили, що поки Місяць знаходиться в тіні Землі, частина сонячних променів досягає Місяця. Сонячне світло проходить через атмосферу Землі, змушуючи атмосферу фільтрувати більшу частину синього світла.

Тому під час цього явища супутник Землі виглядає червоним, через що він отримав назву «Кривавий Місяць».

Оскільки наша планета в чотири рази більша за діаметр Місяця, а її тінь набагато ширша, повне місячне затемнення може тривати до 104 хвилин, згідно з даними *Space Institute for Astrophysics*.

Одне з таких затемнень відбудеться 26 травня 2021 року.

Якщо ви перебуваєте в західній частині Південної Америки, Південно-Східної Азії, Австралії чи західній частині Сполучених Штатів — і вам пощастить, і небо чисте — ви можете побачити це явище.

Вся фаза затемнення триватиме 14 хвилин, повідомили астрономи. [5 с. 16]

- Часткове місячне затемнення

Як впливає з назви, цей тип місячного затемнення відбувається, коли лише частина Місяця переходить у тінь Землі.

Залежно від розміру затемнення, затінена частина Місяця виглядатиме багряно-червоною, іржавою або вугільно-сірою.

Це пов'язано з контрастом між цією та іншою яскравою частиною Місяця, яка залишається поза тінню.

Хоча повні місячні затемнення є рідкісним явищем, часткові місячні затемнення відбуваються принаймні двічі на рік, за даними NASA.

- Напівтіньове місячне затемнення

Відбувається, коли Місяць проходить через зовнішню тінь Землі, відому як півтінь.

У результаті, на відміну від повного місячного затемнення, коли весь місяць затінений, затемнені лише його частини.

Ці затемнення настільки непомітні, що сприйняття їх людським оком залежить від частини Місяця в півтіні: чим вона менша, тим важче її побачити.

Як такі, напівтіньові затемнення зазвичай згадуються лише в календарях вчених.

18-19 листопада таке місячне затемнення побачать у Північній і Південній Америці, Австралії та в деяких частинах Європи й Азії. [5, с. 17]

- Півтіньове місячне затемнення

Відбувається, коли Місяць проходить через зовнішню тінь Землі, відому як півтінь.

У результаті, на відміну від повного місячного затемнення, коли весь місяць затінений, затемнені лише його частини.

Ці затемнення настільки непомітні, що сприйняття їх людським оком залежить від частини Місяця в півтіні: чим вона менша, тим важче її побачити.

Як такі, напівтіньові затемнення зазвичай згадуються лише в календарях вчених. [5, с. 18]

ПОЛЯРНІ СЯЙВА:

Полярні сяйва, також відомі як полярні світла, це природне світлове явище, яке спостерігається на небосхилі в районах, що найближчі до полюсів Землі. Полярні сяйва виникають в результаті взаємодії енергетичних частинок з космічного простору з верхніми шарами атмосфери.

Причиною виникнення полярних сяйв є взаємодія частинок сонячного вітру з магнітним полем Землі. Частинки сонячного вітру, які мають електричний заряд, впливають на магнітне поле Землі та змушують його рухатися, що в свою чергу викликає рух електронів у верхніх шарах атмосфери. [6, с. 143]

У результаті руху електронів виникає світло, яке ми бачимо як полярні сяйва. Колір полярних сяйв залежить від типу та енергії частинок сонячного вітру, що взаємодіють з магнітним полем Землі. Зазвичай полярні сяйва мають зелену, жовту, рожеву, пурпурну або червону кольори.

Полярні сяйва є досить складним фізичним явищем, і дослідження їх природи ще продовжуються. Але вони не тільки допомагають нам краще зрозуміти природу Всесвіту, але й надають нам можливість насолоджуватися дивовижними кольорами на нічному небі. [6, с. 144]

Полярні сяйва - це надзвичайно красиві світлові явища, які спостерігаються на полярних кінцях Землі. Вони отримують результат взаємодії заряджених частинок, які виходять із Сонця та переходять у магнітне поле Землі. Це явище своїм на полярних кінцях, пропускаючи там магнітне поле Землі найбільш сильніше. Полярні сяйва мають різні кольори та форму і можуть бути дуже яскравими.

Вони будуть тоді, коли частинки сонячного вітру взаємодіють з магнітним полем Землі та стикаються з атмосферою нашої планети. Це виявляється дуже цікавим з точки зору фізики, оскільки дозволяє вивчити властивості електромагнітних полів та розуміти, як вони взаємодіють з частинками в космосі.

це явище, коли на небі з'являються світлові смуги різних кольорів. Це відбувається на полюсах Землі через взаємодію частинок сонячного вітру з магнітним полем Землі. Полярні сяйва можуть бути різних кольорів, від зеленого до червоного, і створюють неймовірно красиві візерунки на нічному небі. [7, с. 243]

ЗОДІАКАЛЬНЕ СВІТЛО:

Зодіакальне світло - це слабкий світловий потік, який можна спостерігати на небосхилі у вигляді блідо-жовтої смуги, що ідентифікується з зодіакальним поясом.

Це світло виникає в результаті відбивання від часток пилу, які розкидані по всьому Сонячній системі. Ці пилові частки походять від комет, астероїдів та інших космічних об'єктів, які знаходяться на відстані від Сонця.

Зодіакальне світло можна побачити на небосхилі, найкраще на ранньому вечорі або вранці, коли Сонце ще не сяє яскраво, або коли небо є темним, це явище може бути спричинене плоским диском галактики, який містить пил та інші частинки, які відбивають світло від Сонця. [8, с. 2]

Зодіакальне світло може бути спостережене протягом всього року, але його яскравість змінюється в залежності від положення Землі відносно Сонця, воно має форму трикутника, що має вершину при Сонці та збільшується в напрямку зростання відстані від Сонця.

Зодіакальне світло було вперше описане англійським астрономом Джоном Гершелем у 1785 році.

Зодіакальне світло може бути досить слабким, щоб бути поміченим людиною, але воно може бути важко видимим від підсвічування міського світла.

Хоча зодіакальне світло не є досить яскравим, воно може надати важливу інформацію про поширення та розподіл пилу та інших частинок в Сонячній системі, воно є важливим джерелом вторинної інтерференції для космічних обсервацій, таких як астрономічні спостереження з космічних телескопів, що дозволяє розрізняти справжнє випромінювання від інтерференції зодіакального світла.

Вчені використовують зодіакальне світло для вивчення пилу в Сонячній системі та зрозуміння процесів, які зумовлюють його розподіл. [8, с. 3]

Дослідження зодіакального світла дозволяють також вивчати фізичні властивості міжпланетного пилу, такі як розмір, форма та склад.

Наприклад, спостереження зодіакального світла допомогли виявити наявність космічного пилу, який може впливати на міжпланетний простір, а також вивчати його вплив на атмосферу Землі.

Зодіакальне світло також є важливим елементом вивчення історії формування та еволюції Сонячної системи, допомагаючи відстежувати зміни у розподілі пилу та інших частинок в просторі.

Загалом, зодіакальне світло є цікавим та важливим явищем в астрономії, яке дозволяє вивчати різноманітні аспекти фізики та хімії міжпланетного середовища, а також відстежувати історію та еволюцію Сонячної системи.

Зодіакальне світло також впливає на спостереження планет та інших об'єктів у Сонячній системі, особливо при використанні оптичних телескопів з низькою роздільною здатністю.

Поведінка зодіакального світла залежить від багатьох факторів, включаючи час року, місце-розташування на землі та напрямок спостереження.

Зодіакальне світло може мати різний колір та яскравість в залежності від часу доби та місцезнаходження на землі, що залежить від того, як зоряне світло розсіюється в атмосфері. [8, с.4]

Зодіакальне світло можна спостерігати на будь-якому місці на землі, але найкращі умови для спостереження цього явища - віддалені від міст та інших джерел світла місця в нічному часі.

У попередні часи зодіакальне світло вважалося дивним та загадковим явищем, але з розвитком науки та технологій стало зрозуміло, що це є природним явищем, що зумовлюється розсіюванням світла в атмосфері.

Зодіакальне світло - це ще один приклад того, як астрономія та фізика допомагають зрозуміти природу нашої Всесвіту та досліджувати різноманітні аспекти фізики та хімії міжпланетного середовища.

Зодіакальне світло - це гарний приклад того, як інтердисциплінарний підхід до вивчення природи може привести до нових відкриттів та розуміння складних процесів у Всесвіті.

Загалом, зодіакальне світло - це цікаве та складне явище, яке досі не повністю розгадане до кінця, та яке викликає багато питань та досліджень серед астрономів та фізиків.

Зодіакальне світло може бути також джерелом корисної інформації для дослідження планет та інших об'єктів у Сонячній системі. Наприклад, дослідження зодіакального світла допомогли встановити наявність пилових колець навколо планет, таких як Земля та Венера.

У майбутньому дослідження зодіакального світла може допомогти астрономам краще розуміти процеси формування та еволюції планетарних систем, а також досліджувати хімічний склад міжпланетного середовища.

Одним з найбільш цікавих напрямків дослідження зодіакального світла є використання його для пошуку зовнішньо-планетних цивілізацій. Деякі дослідження вказують на те, що зодіакальне світло може бути результатом розсіювання світла від штучних конструкцій, які створені інтелектуальними цивілізаціями в інших зіркових системах.

Зодіакальне світло - це також важливий елемент для дослідження Сонячної системи та планетарної астрономії в цілому. Вивчення цього явища допомагає науковцям розуміти процеси, які відбуваються на планетах, міжпланетному середовищі та віддалених зіркових системах.

У підсумку, зодіакальне світло - це складне та цікаве явище, яке становить виклик для дослідників природи та допомагає розкривати та розуміти різноманітні процеси, що відбуваються у Всесвіті, і його дослідження допомагають науковцям розуміти природу планетарних систем та різноманітні процеси, що відбуваються в космосі. [8, с. 5]

ЯСКРАВІ КОМЕТИ:

Комети - це космічні тіла, які складаються з крижаних частинок та пилу, що обертаються навколо Сонця. Вони виникають у віддалених регіонах Сонячної системи та можуть бути видимими навіть за десятки років.

Коли комета наближається до Сонця, її поверхня починає підтримувати тепло та випаровуватися. Цей процес називається сублімацією, і він викликає виникнення яскравої хвостової частини комети, яка може бути видима з Землі.

Комети можуть мати різні форми та розміри. Найбільші комети можуть мати діаметр до кількох кілометрів, тоді як найменші можуть бути розміром з пилову частинку.

Існує багато типів комет, які розрізняються за їхньою формою та характеристиками. Наприклад, найбільш відомий тип - це комети Койпера, які зазвичай мають довгий, вузький хвіст.

Є також яскраві комети, які можуть бути видимими навіть вдень, а також ті, які стають видимими лише за допомогою телескопів. [9, с. 23]

У науці вивчають комети, щоб дізнатися більше про походження Сонячної системи та розуміти роль космічних тіл у процесах формування планет та зірок.

Комети можуть бути використані для вивчення складу Сонячної системи та для розробки нових методів дослідження космосу.

Хоча комети можуть бути вражаючим та красивим явищем на небосхилі, вони також можуть становити загрозу для нашої планети, якщо вони наближаються до неї надто близько.

Нарешті, після декількох проходжень біля Сонця, якщо комета не розпадається або не втрачає весь лід, що міститься в її ядрі, вона може залишити Сонячну систему та повернутися лише через декілька тисяч років або навіть через кілька мільйонів років. [9, с. 23]

Комети можуть бути дуже яскравими, коли їхня хвіст із льодяних і газових матеріалів розпливається у великому об'ємі, освітлюючи їх при проходженні біля Сонця. Це може зробити їх видимими навіть з Землі, не зважаючи на велику відстань.

Яскраві комети можуть бути відомі своїм надзвичайним виглядом та можуть стати справжніми подіями в небі. Наприклад, комета Галлея, яка проходила біля Землі в 1910 році, стала видовищем для спостерігачів та навіть спричинила хвилю паніки в деяких частинах світу.

Є також ймовірність, що комета може ударити у планету або супутник, викликавши значні руйнування. Такий удар може мати навіть глобальні наслідки, наприклад, він може створити великі хмари пилу, що заглушать Сонце та зменшать температуру на планеті.

Нарешті, вивчення комет може допомогти вченим краще зрозуміти походження та еволюцію нашої Сонячної системи. Комети містять важливу інформацію про хімічний склад та процеси, що відбуваються в давні часи, коли наша Сонячна система тільки формувалася.

Отже, яскраві комети - це одне з найцікавіших та загадкових явищ [9, с. 24]

ВИСНОВОК:

У даній статті було представлено огляд найцікавіших фізичних явищ в астрономії, які допомагають нам краще розуміти Всесвіт

Із вивченням цих явищ астрономи можуть розв'язувати складні проблеми про походження і розвиток Всесвіту, а також виявляти нові об'єкти та закономірності, які ще не відомі людству.

Особливу увагу було приділено фізичним явищам, таким як затемнення, полярні сяйва, зодіакальне світло, яскраві комети.

Ці явища представляють значний інтерес для астрономів та фізиків, які постійно вдосконалюють методи спостереження та аналізу, щоб збільшити наше знання про них.

Це лише декілька з безлічі небесних явищ, які спостерігаються в космосі. Кожне нове відкриття допомагає нам краще зрозуміти нашу Всесвіт і наше місце в ньому.

Астрономія - це цікава та захоплива наука, яка не тільки дозволяє нам досліджувати космос, але й допомагає зрозуміти нашу власну планету та її історію. Вона допомагає відповісти на багато важливих питань про нашу Всесвіт і змінює наше сприйняття світу, в якому ми живемо.

Список використаних джерел:

1. Всехсвятський С.К.. Вивчення сонячних затемнень // Наука і суспільство. – 1954. – № 10 – С. 21 – 23.
2. М.М.Лепський, Г.К.Назарчук. Повне сонячне затемнення// Наука і суспільство. – 1954. – № 2 – С. 25 – 26.
3. Всехсвятський С.К. Таємниці гарячої планети// Наука і суспільство. – 1969. – № 8 – С. 6 – 8
4. А.О.Яковкін Сонце і його вплив на Землю// Наука і суспільство. –1951. – № 6 – С. 28 – 30
5. Едгард Яновицький. Місяць і люди// Наука і суспільство – 1969. – № 10. – С. 16 – 18
6. Клубенко В. В. Збірник наукових праць. URL: <http://dspace.pnpu.edu.ua/bitstream/123456789/3967/1/fakultet2012.pdf#page=143>.
7. Білоус, Д.О. Основні форми полярного сьйва [Текст] / Д.О. Білоус ; наук. кер. Ю.М. Лопаткін // Перший крок у науку : матеріали VIII студентської конференції, м. Суми, 11 грудня 2016 р. / Відп. за вип. М.Б. Оприско. - Суми : СумДУ, 2016. - С. 243.
8. Грушицька І. М. Б. ДІВАРІ (1921-1993) – УКРАЇНСЬКИЙ ДОСЛІДНИК ЗОДІАКАЛЬНОГО СВІТЛА ТА КОСМІЧНОГО ПИЛУ. URL: https://otherreferats.allbest.ru/air/01199114_0.html#text
9. С.К.Всехсвятський. Комети і походження сонячної системи// Наука і суспільство. – 1951. – № 1 – С. 23 – 24.
10. Нові Сонячні "діри". URL: <https://www.unian.ua/science/magnitni-buri-v-berezni-2023-kolivdaryat-sonyachni-vitri-12195966.html>.
11. Аномальна активність Сонця. URL: <https://poradumo.com.ua/475098-y-2023-roci-sposterigayetsia-anomalna-aktivnist-soncia/>.

PHYSICS OF THE MOST INTERESTING CELESTIAL PHENOMENA

Maria Kopytko – 4th year student of the bachelor's degree of VDPU M. Kotsyubynskyi

The work examines the most interesting celestial phenomena such as eclipses, aurora borealis, zodiacal light, and bright comets.

Keywords: celestial phenomena, celestial bodies, astronomy, space, universe, physics, eclipse, aurora borealis, zodiac light, bright comets.

ДАНІ ПРО АВТОРІВ

Александрова Оксана Василівна - студентка 1 курсу СВО магістра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Бережна Регіна Олександрівна - студентка 2 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Благодаренко Людмила Юрійвна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Бородін Андрій Валерійович, гуртківець астрономічного гуртка ОЦТТУМ, учень 6 класу Вінницького ліцею №7 імені Олександра Сухомовського

Бузенюк Лілія Григорівна - вчитель фізики та астрономії, вчитель I категорії, КЗ "Ліцей №2 смт Стрижавка Вінницького району Вінницької області"

Бусел Софія Юрійвна - студентка 3 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Василенко Володимир Володимирович – методист НЦ МАН України

Василенко Сергій Леонідович - доцент кафедри загальної фізики та методики викладання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Вештак Вікторія Олегівна - вихованка астрономічного гуртка ОЦТТУМ, дійсна членкиня МАН України, учениця 9 класу комунального закладу «Вінницький ліцей №30 ім. Тараса Шевченка»

Відьмаченко Анатолій Петрович – доктор фізико-математичних наук, професор, академік АН ВШ України, професор кафедри фізики Національного університету біоресурсів і природокористування України, головний науковий співробітник відділу фізики субзоряних і планетних систем Головної астрономічної обсерваторії НАН України

Голубасєв Олександр Володимирович – кандидат фізико-математичних наук, Начальник Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, старший науковий співробітник НДІ астрономії

Гончар Ілля Юрійович - гуртківець астрономічного гуртка Вінницького ОЦТТУМ, учень 7 класу Вінницького ліцею № 35.

Грудинін Борис Олександрович – доктор педагогічних наук, доцент кафедри фізики Національного університету біоресурсів і природокористування України

Гуменюк Вадим Ігорович – студент 1 курсу СВО магістра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Демкова Віта Олександрівна – кандидат педагогічних наук, викладач науково-природничих та математичних дисциплін Комунального закладу вищої освіти «Вінницький гуманітарно-педагогічний коледж»

Дераженко Анастасія Володимирівна - аспірантка 3-го року навчання, Український державний університет імені Михайла Драгоманова

Дмитренко Анастасія Олександрівна - студентка 2 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Дріма Віталій Русланович - студент 2 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Думенко Вікторія Петрівна - кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Єфіменко Володимир Михайлович - кандидат фізико-математичних наук, директор Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, старший науковий співробітник, Київ, Україна, e-mail: efim@knu.ua

Журжа Артем Арсенович - студент 2 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Копитко Марія Володимирівна - студентка 4 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Криводубський Валерій Никифорович - доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, старший науковий співробітник

Кузнєцова Юліана Геннадіївна – науковий співробітник відділу фізики субзоряних і планетних систем Головної астрономічної обсерваторії НАН України

Кузьминський Олександр Володимирович - кандидат педагогічних наук, викладач кафедри інформатики та інформаційних технологій в освіті Комунального закладу вищої освіти «Вінницький гуманітарно-педагогічний коледж»

Куліш Катерина Вікторівна – студентка магістратури Comenius University in Bratislava

Кульматицький Валерій Інокентійович – кандидат технічних наук, Віце президент «Української академії інноваційних технологій», Голова Вінницької обласної організації УЕА «Зелений світ»

Леоненко Андрій Олександрович - гуртківець астрономічного гуртка Вінницького ОЦТТУМ, учень 7 класу Вінницького ліцею № 6 імені Лялі Ратушної

Липівська Яна Миколаївна - студентка 4 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Лозицький Всеволод Григорович - доктор фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник, Київ, Україна, e-mail: lozitsky_v@ukr.net

Маковій Сергій Олександрович, гуртківець астрономічного гуртка Вінницького обласного центру технічної творчості учнівської молоді, учень 9 класу комунального закладу: «Вінницький ліцей №30 імені Тараса Шевченка», дійсний член МАН України.

Мельник Софія Олегівна - учениця 11 класу, КЗ "Ліцей №2 смт. Стрижавка Вінницького району Вінницької області"

Мислицька Наталія Анатоліївна – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри науково-природничих та математичних дисциплін Комунального закладу вищої освіти «Вінницький гуманітарно-педагогічний коледж»

Міщенко Владислав Сергійович - студент 2 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Мозгова Альона Михайлівна - кандидат фізико-математичних наук, молодший науковий співробітник Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Мозговий Олександр Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Моклюк Микола Олексійович - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Моклюк Ольга Оденіязівна - вчитель вищої категорії, вчитель-методист, викладач фізики та астрономії, Державний навчальний заклад «Гушинецьке вище професійне училище», с. Гушинці, Хмельницький район

Овсак Олександр Степанович - кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник відділу ФСПС ГАО НАН України

Пальченко Аміна Олександрівна - студентка 4 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Пономаренко Василь Олександрович – кандидат фізико-математичних наук, співробітник Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Приймак Вероніка Олегівна - студентка 4 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Присяжна Тетяна Іванівна – викладач вищої категорії, Вінницький транспортний фаховий коледж

Рокицька Галина Василівна - кандидат фізико-математичних наук, старший викладач, Український державний університет імені Михайла Драгоманова

Рокицький Максим Олександрович - кандидат фізико-математичних наук, докторант, доцент, Український державний університет імені Михайла Драгоманова

Сімон Андрій Олександрович – методист НЦ МАН України, заслужений вчитель України

Січкач Тарас Григорович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Скибинський Сергій Леонтійович – інженер радіоелектроніки

Скібінський Леонтій Петрович – доктор фізико-математичних наук, УАІТ

Стежков Олексій Федорович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу фізики субзоряних і планетних систем Головної астрономічної обсерваторії НАН України

Терентьєва Анна Євгенівна – вихованка астрономічного гуртка Вінницького обласного центру технічної творчості учнівської молоді, дійсна членкиня МАН України

Трубіцький Денис Олександрович - студент 2 курсу СВО бакалавра, спеціальність 015 Професійна освіта (Комп'ютерні технології), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
учениця 9 класу Вінницького ліцею №30 імені Тараса Шевченка

Чаленко Ольга Володимирівна - студентка 1 курсу СВО бакалавра, спеціальність 014 Середня освіта (Фізика), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Черненко Микола Юрійович, гуртківець астрономічного гуртка Вінницького ОЦТТУМ,

Шут Микола Іванович – доктор фізико-математичних наук, професор, Академік національної академії педагогічних наук України, завідувач кафедри фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

ЗМІСТ

СТАН СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОСМОСУ

ПРО МАКСИМУМ 25 ЦИКЛУ І МОЖЛИВИЙ ПОДАЛЬШИЙ ТРЕНД СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ	
Володимир Єфіменко Всеволод Лозицький	4
LONG-TERM VARIATIONS OF MAGNETIC ACTIVITY OF THE SUN DURING THE HOLOCENE	
Valery Krivodubskij	9
РЕЗУЛЬТАТИ ОПТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ АКТИВНОГО ЯДРА ГАЛАКТИКИ MARKARIAN 501	
Василь Пономаренко, Андрій Сімон, Володимир Василенко, Катерина Куліш	16
ДОПОВНЕННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ АЕРОЗОЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ АТМОСФЕРИ ЗА ДАНИМИ СПЕКТРАЛЬНИХ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ НЕБА	
Олександр Овсак, Анатолій Відьмаченко	20
МЕТЕОРНІ ЯВИЩА ТА ЇХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ	
Олександр Голубаєв, Альона Мозгова	24
СТАН СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОСМОСУ	
Тетяна Присяжна	26
ВІДКРИТТЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМЕТ	
Андрій Бородін	29
ВІДКРИТТЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СФЕР СОНЦЯ ТА ЗЕМЛІ	
Леонтій Скібінський, Сергій Скибинський	33
САТУРНІАНСЬКА МОДЕЛЬ АТОМА ВОДНЮ	
Леонтій Скібінський, Сергій Скибинський	38
ПРОБЛЕМА УТВОРЕННЯ ЛЕГКИХ ЯДЕР 2H, He, Li, Be, B	
Валерій Кульматицький	45
ВИНИКНЕННЯ ЗЕМЛІ, СОНЦЯ, ГАЛАКТИКИ	
Валерій Кульматицький	47

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРОЖИВАННЯ ЛЮДЕЙ ЗА МЕЖАМИ ЗЕМЛІ

ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОТУ ДО МАРСА	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	51
ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ЗМІН КЛІМАТУ НА МАРСІ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	56
ОСОБЛИВОСТІ АТМОСФЕРИ МАРСА	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов, Юліана Кузнецова	61
ОСОБЛИВОСТІ РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ МАРСА	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	66
ДУЖЕ «СВІЖІ» КРАТЕРИ НА ПОВЕРХНІ МАРСА	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	71
ПРО ВУЛКАНИ НА МАРСІ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	76
ВУЛКАНІЧНІ ПЕЧЕРИ МАРСА І ЇХ ПРИДАТНІСТЬ ДЛЯ КОЛОНІСТІВ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов, Оксана Александрова	81
ОСОБЛИВОСТІ ПИЛОВИХ БУР НА МАРСІ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	87
ІСТОРІЯ ВОДИ НА МАРСІ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	92

МОРЯ ТА ОЗЕРА НА МАРСІ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов, Борис Грудинін	97
ВОДА ТЕЧЕ ПО ПОВЕРХНІ МАРСА Й ЗАРАЗ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	102
СЕЛЕВІ ПОТОКИ НА ПОВЕРХНІ МАРСА	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов	108
ОСОБЛИВОСТІ РЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ МАРСА, ВИКЛИКАНІ ВОДОЮ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов, Борис Грудинін	113
ВОДА В АТМОСФЕРІ МАРСА	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов, Юліана Кузнєцова	118
ЖИТТЯ У ВСЕСВІТІ	
Ілля Гончар	124
ЧИ МОЖЛИВО ЖИТИ НА СУПУТНИКУ ЮПІТЕРА ЄВРОПІ?	
Софія Бусел	129

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУПУТНИКІВ САТУРНА ЯК ДОКАЗ ЄДНОСТІ БУДОВИ ПЛАНЕТНИХ СИСТЕМ	
Анатолій Відьмаченко, Олександр Мозговий, Олексій Стеклов, Вадим Гуменюк	135
КАРЛИКОВІ ПЛАНЕТИ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ	
Андрій Леоненко	143
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕНЕРИ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ	
Сергій Маковій	147
СИЛА КОРІОЛІСА НА ЗЕМЛІ ТА В КОСМОСІ	
Вікторія Вештак	152
ТИТАН – ЗАГАДКОВИЙ СУПУТНИК САТУРНА	
Ілля Гончар	156

ДОСЛІДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ

МІСІЯ ВОЯДЖЕРА В ДОСЛІДЖЕННІ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ	
Владислав Міщенко, Артем Журжа, Віталій Дріма, Регіна Бережна, Анастасія Дмитренко	163
МІСІЯ АПОЛЛО	
Денис Трубіцький	167
КОСМІЧНІ СУПУТНИКИ НА СЛУЖБІ ЛЮДИНИ	
Сергій Маковій	169
СУЧАСНІ СУПУТНИКОВІ МЕТОДИ В МЕТЕОРОЛОГІЇ	
Яна Липівська	175
МІЖЗОРЯНІ ОБ'ЄКТИ В СОНЯЧНІЙ СИСТЕМІ	
Микола Черненко	178

ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ АСТРОНОМІЇ

АСТРОНОМІЯ ДАВНЬОГО СВІТУ	
Лілія Бузенюк, Софія Мельник	186
УКРАЇНА РАКЕТОКОСМІЧНА	
Микола Черненко	190

AVIATION, ROCKET SPACE AND ASTRONOMICAL VINNYTSIA Story for my English-speaking friends	
Anna Terentieva	195
ЛІНІЯ КАРМАНА	
Вікторія Вештак	199
НАЙДАВНІШІ ОБСЕРВАТОРІЇ СВІТУ	
Вероніка Приймак, Аміна Пальченко	202
ЗАСНУВАННЯ ТА НАУКОВІ ДОСЯГНЕННЯ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ	
Ольга Чаленко, Вікторія Думенко	207

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ В СЕРЕДНІХ ТА ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

ПРИНЦИПОВІ ПИТАННЯ СТРАТЕГІЇ РЕФОРМУВАННЯ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ	
Микола Шут, Людмила Благодаренко, Тарас Січкач	212
ВИВЧЕННЯ АСТРОНОМІЇ В ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНОЇ (ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ) ОСВІТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	
Ольга Моклюк, Микола Моклюк	215
АСТРОНОМІЯ ЯК СКЛАДОВА НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «SCIENCE» В ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	
Анастасія Дераженко, Максим Рокицький, Людмила Благодаренко	220
TEACHING THE ASTRONOMY FUNDAMENTALS IN SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS IN THE FRAMES OF “SCIENCE” SUBJECT	
Максим Rokytskyi, Halyna Rokytska	222
ВАЖЛИВІ ЧИННИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРІЄНТАЦІЇ МОЛОДІ НА ПРОФЕСІЇ АСТРОНОМІЧНОЇ СПРЯМОВАНOSTІ	
Людмила Благодаренко, Сергій Василенко	224
ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СУЧАСНИХ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПРИ ВИВЧЕННІ АСТРОНОМІЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ	
Вікторія Думенко	227
МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС НЕСПРИЯТЛИВИХ ПОГОДНИХ УМОВ	
Олександр Кузьминський, Наталія Мисліцька, Віта Демкова	234
ФІЗИКА НАЙЦІКАВІШИХ НЕБЕСНИХ ЯВИЩ	
Марія Копитко	237
ДАНІ ПРО АВТОРІВ	245

ДЛЯ ПОДАТК

Наукове видання

**XI Всеукраїнська наукова конференція «Астрономія і сьогодення»
Збірник наукових праць**

Збережено особливості мовного стилю авторів

Тематика конференції:

1. Стан сучасних досліджень космосу
2. Дослідження умов проживання людей за межами Землі
3. Дослідження планет Сонячної системи
4. Дослідження Сонячної системи космічними апаратами
5. Історичні аспекти розвитку астрономії
6. Методика навчання астрономії в середніх та вищих навчальних закладах

Відповідальний за випуск: Мозговий О.В.

Дизайн обкладинки: Кузьминський О.В.

Підписано до друку 23.06.2023
Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Друк. арк. 31,5. Умов. друк. арк. 29,3. Обл.-вид. арк. 18,05.
Наклад 100 прим. Зам. № 3216/1.

Віддруковано з оригіналів замовника.
ФОП Корзун Д.Ю.
Свідоцтво про державну реєстрацію фізичної особи-підприємця
серія В02 № 818191 від 31.07.2002 р.

Видавець ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: (0800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852, (098) 46-98-043.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

