

Міністерство освіти і науки України  
Національний авіаційний університет

XXII Міжнародна наукова конференція  
**Астрономічна школа молодих вчених**

Україна, Київ, 11–12 грудня 2020 р.

Програма і тези доповідей



Київ. 2020

Організатором конференції виступає кафедра аерокосмічної геодезії Національного авіаційного університету за сприяння Української астрономічної асоціації, Громадської спілки “Союз планетаріїв України”.

---

**Науковий оргкомітет:** *О.Железняк* (співголова),  
*С.Андрієвський* (співголова), *А.Терещенко* (вчений секретар).

**Члени наукового оргкомітету:** *I.Андронов* (Україна),  
*A.Відьмаченко* (Україна), *A.Гулієв* (Азербайджан),  
*B.Івченко* (Україна), *П.Зазуляк* (Україна),  
*O.Коноваленко* (Україна), *O.Кривов* (Німеччина),  
*I.Кудзей* (Словаччина), *M.Маров* (Росія), *C.Нінкович* (Сербія),  
*C.Нурітдинов* (Узбекистан), *A.Чернін* (Росія).

**Місцевий оргкомітет:** *B.Харченко* (голова), *Ю.Великодський*  
(заступник), *B.Беленок*, *O.Ніколаєнко*, *L.Чубко* (секретар)

---

Молоді вчені надсилають на адресу наукового комітету Астрономічної школи свої дослідження. Астрономічна експертна рада розглядає надіслані наукові роботи і рекомендує до друку у провідних наукових журналах.

Публікації наукових статей будуть здійснюватися в журналі “Вісник Астрономічної школи”, який індексується наукометричними базами NASA Astrophysics Data System (ADS), Crossref, Google Scholar, DOAJ. Термін подання матеріалів у “Вісник Астрономічної школи” — до 1 березня 2020 р. за адресою наукового оргкомітету. Доповіді на замовлення (лекції) — до 16 стор., для всіх інших — до 8 стор. Вимоги до оформлення статей див. на сторінці

<http://astro.nau.edu.ua/uk/author/instructions.html>

**Адреса наукового оргкомітету:**

03058 м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1, Національний авіаційний університет, кафедра аерокосмічної геодезії, корпус 3, к.524.

E-mail: [astro@nau.edu.ua](mailto:astro@nau.edu.ua), [oleg\\_zheleznyak@yahoo.com](mailto:oleg_zheleznyak@yahoo.com)

## **Програма роботи конференції**

### **11 грудня (п'ятниця)**

$10^{00} - 14^{00}$	Виступи запрощених лекторів
$10^{00} - 10^{30}$	д.т.н., проф. <i>Кохан С.С.</i> (Національний університет біоресурсів і природокористування України) “Аерокосмічний моніторинг земних ландшафтів”
$10^{30} - 11^{00}$	д.т.н., проф. <i>Станкевич С.А.</i> (Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України) “Спутникова дистанційне зондування з надвисокою розрізненністю”
$11^{00} - 11^{30}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Відьмаченко А.П.</i> (Головна астрономічна обсерваторія НАН України) “Взаємодія метеороїдів з атмосферою Землі”
$11^{30} - 12^{00}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Андронов І.Л.</i> (Одеський національний морський університет) “Астроінформатика: статистично оптимальні апроксимації даних”
$12^{00} - 12^{30}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Бельська І.М.</i> (Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна) “Оптична поляриметрія при вивченні безатмосферних малих тіл Сонячної системи”
$12^{30} - 13^{00}$	к.ф.-м.н., доц. <i>Ігнатишин В.В.</i> (Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України) “Геомеханічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині: астрофізичний аспект”
$13^{00} - 13^{30}$	д.т.н., доц. <i>Фис М.М.</i> (Національний університет “Львівська політехніка”) “Локальні та глобальні аномалії гравітаційного поля Землі та планет”
$13^{30} - 14^{00}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Железняк О.О.</i> (Національний авіаційний університет) “Динамічна фігура, припливи та обертання небесних тіл”
$14^{00} - 15^{00}$	Перерва
$15^{00} - 18^{00}$	Доповіді учасників конференції
$10^{00} - 14^{00}$	Доповіді учасників конференції

### **12 грудня (субота)**

# **Застосування теорії нечітких множин при класифікуванні гіперспектральних космічних зображень**

*Альперт С.І.*

Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі  
Інституту геологічних наук НАН України», Київ

Досить часто при розв'язанні задач класифікування ми маємо справу з неповною, неточною та суперечливою інформацією. Теорія нечітких множин дає змогу описувати, обробляти та встановлювати взаємозв'язки між неточними даними. Даної теорії підходить для класифікування зображень із високим розрізненням, отриманих за допомогою дистанційного зондування. Нечіткі множини та нечіткі числа використовуються для знаходження базових мас (базових ймовірностей), які, в свою чергу, використовуються в задачах класифікування гіперспектральних космічних зображень [1–2].

Нехай  $A_0$  — обмежена множина, а  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) — її підмножини, тоді базова маса визначається за наступною формулою:

$$\begin{cases} m(\emptyset) = 0, \\ \sum_{A_i \subseteq A_0} m(A_i) = 1, \quad i = 0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

Нехай,  $X$  — універсальна множина. Тоді нечітка підмножина  $A \subset X$  визначається за допомогою характеристичної функції  $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$ .

При цьому кожному елементу  $x \in A$  надається дійсне значення характеристичної функції  $\mu_A(x)$  із інтервалу  $[0, 1]$ . Значення  $\mu_A(x)$  вказує на вагу (grade of membership) елемента  $x$  у множині  $A$ . Нехай маємо нечітку множину  $A \subset X$  та будь-яке дійсне число  $\alpha \in [0, 1]$ . Тоді  $\alpha$ -рівень або  $\alpha$ -зріз, що відповідає множині  $A$ , позначається  ${}^\alpha A$  та є чіткою множиною:  ${}^\alpha A = \{x \in X : \mu_A(x) \geq \alpha\}$ .

Центральний елемент описується за допомогою  $\alpha$ -зрізу наступним чином:

$${}^\alpha A = \{x \in X : \mu_A(x) \geq \alpha_i\} = [{}^{\alpha_i}_{\text{lower}}, {}^{\alpha_i}_{\text{upper}}], \quad i = 1, 2, 3, \dots, n,$$
$$\alpha_0 = 1 > \alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_n = 0, \quad \alpha \in [0, 1].$$

Трикутне нечітке число  $A$  визначається через трійку чисел  $[a, b, c]$ , де  $a$  — мінімальне значення,  $b$  — найбільш вірогідне значення,  $c$  — максимальне значення. Його характеристична функція має вигляд

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c. \end{cases}$$

Укажемо три підходи до знаходження базових мас.

1. Беремо інтеграл від характеристичної функції між двома різними

$\alpha$ -зрізами, отримуємо базову масу:

$$m({}^\alpha A_i) = \frac{\int_{{}^{\alpha A_i}_{\text{lower}}}^{{}^{\alpha A_i}_{\text{upper}}} \mu_{(A)}(x) dx}{\sum_i \int_{{}^{\alpha A_i}_{\text{lower}}}^{{}^{\alpha A_i}_{\text{upper}}} \mu_{(A)}(x) dx}.$$

2. Базова маса визначається за формулою

$$m({}^\alpha A_i) = \frac{\alpha_{i-1}(1-\alpha_i)}{\sum_i \alpha_{i-1}(1-\alpha_i)}.$$

3. У третьому методі  $\alpha$ -зріз розглядається як інтервал довіри з рівнем довіри  $1-\alpha$ . Базова маса визначається за формулою

$$m({}^\alpha A_i) = \frac{1-\alpha_i}{\sum_i (1-\alpha_i)}.$$

Наведені методи знаходження базових мас можуть бути застосовані при класифікуванні лісів та сільськогосподарських територій, вирішенні екологічних задач, при пошуку корисних копалин [3].

1. Альперт С.І. Застосування методів комбінування даних при класифікуванні супутниковых зображень // Математичні машини і системи. — 2019. — № 2. — С.16–26.
2. Kaufman A., Gupta M.M. Introduction to Fuzzy Arithmetic, Theory and applications. — Van Nostrand Reinhold Co. Inc., Workingham, Berkshire, 2003.
3. Попов М.О. Сучасні погляди на інтерпретацію даних аерокосмічного дистанційного зондування Землі // Космічна наука і технологія. — 2002. — Т. 8, № 2/3. — С.110–115.

## Проблематика побудови та безпеки космічних ліфтів

Андрієвський І.І., Пашко М.І.

Херсонський фізико-технічний ліцей Херсонської міської ради

Реактивні ракетоносції, що зараз активно використовуються для польотів у космос, мають низький ККД. Одна з альтернатив — космічний ліфт. Цей проект в даний момент привертає увагу багатьох членів космічного співтовариства, від інженерів і вчених до екологів і юристів, а також потенційних інвесторів у всьому світі. Більшість існуючих робіт по цій тематиці досліджують можливість побудови та існування космічного ліфту, але безпеці існування такої конструкції увага ще не приділялася.

Мета дослідження: дослідження параметрів земного і місячного космічних ліфтів з урахуванням аспектів безпеки та змінного за величиною коефіцієнта запасу міцності, для оцінки можливості їх побудови та експлуатації.

Задачі дослідження:

- побудувати універсальну математичну модель земного і місячно-го космічного стаціонарного ліфта з урахуванням вимог безпеки, змінного коефіцієнта запасу міцності та початкового видовження;
- на основі математичної моделі, за допомогою комп'ютерного моделювання, визначити поздовжній розподіл площин перерізу тро-сів, а також значення їх мас.

На основі розробленої математичної моделі, що враховує змінну ро-бочу механічну напругу вздовж тросу та наявність точкових кінцевих мас на кінцях тросу ліфта, встановлено, що в рамках запропонованої моделі існує мінімум маси конструкції ліфт — противаг. Цей факт є цікавим і потребує подальших дослідень. Розраховано, за якого зна-чення довжини противаги маса конструкції тросів системи ліфт — про-тиваг приймає найменше чисельне значення.

Проведено оцінку небезпеки, що може спричинити обрив троса мі-сячного космічного ліфта для Землі. Проведене моделювання динамі-ки обірваної частини тросу показало, що її траєкторія руху не досягає геостаціонарної орбіти, тобто відсутня небезпека як для населення Зем-лі, так і для її штучних супутників, якщо довжина системи менша за 100 000 км, а для значень, більших за 311 000 км, обрив противаги гарантовано призведе до зіткнення із Землею.

Зроблено припущення, що менше значення маси місячного космі-чного ліфту в порівнянні із земним дозволяє стверджувати, що його побудова є більш ймовірною та менш затратною.

## **Важливість точних знань про середню морську поверхню при аналізі альтиметричних даних**

*Беленок В.Ю., Фролов Г.О.*

Національний авіаційний університет, Київ

Середня морська поверхня (MSS) та геоїд — ключові опорні поверх-ні, що використовуються для аналізу альтиметричних спостережень. Динамічна частина сигналу — аномалія рівня моря (Sea level anomaly, SLA), необхідна для дослідження динаміки змін рівня морської поверх-ні, може бути обчислена шляхом вилучення з висот морської поверхні (Sea surface height, SSH) значень MSS [1]. Для дослідження швид-кості океанічних течій використовується середня динамічна топографія (Mean dynamic topography, MDT), яка являє собою різницю між значе-ннями MSS та геоїда [2].

Перші альтиметричні продукти мали 7-річний період обчислення MSS. Точність визначення MSS значно покращилася з часом завдяки збільшенню кількості спостережень, вдосконаленням, здійсненим в то-чному визначенні орбіти (Precise orbit determination, POD), алгоритмам

повторного відстеження форми сигналу альтиметра та різним виправленням, застосованим до даних альтиметричних спостережень.

Сучасні набори альтиметричних даних мають 20-річний період для обчислення значень MSS [2]. Час показує, що чим довший період усереднення, тим краще усереднюються міжрічні та міждекадні коливання рівня морської поверхні.

1. *Hwang C., et al.* Global mean sea surface and marine gravity anomaly from multi-satellite altimetry: applications of deflection-geoid and inverse Vening Meinesz formulae // Journal of Geodesy. — 2002. — № 76. — P.407.
2. *Stammer D., Cazenave A.* Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surfaces. — CRC Press, 2018. — P.50.

## **Ще на одному супутнику Сатурна Діоні може бути глобальний океан**

*Відьмаченко А.П.*

Головна астрономічна обсерваторія НАН України

Про наявність підлідного океану на Енцеладі спершу дізналися з аналізу помічених космічним апаратом (КА) «Кассіні» між 2010 і 2012 рр. гравітаційних аномалій, коли через гравітаційний вплив Енцелада траєкторія прольоту космічних апаратів дещо змінювалася. У 2014 р. підтвердили, що передана з КА «Кассіні» інформація вказує на наявність моря під крижаною шапкою у південній півкулі Енцелада. Ще через рік дослідження повільного коливання супутника від гравітаційного впливу Сатурна (лібрації) показало, що під поверхнею Енцелада може ховатися глобальний океан.

За Діною, четвертим за розміром супутником Сатурна, ретельні спостереження велися ще з 1980-х років: спершу — камерами КА «Вояджер», а потім з КА «Кассіні». Під час кількох близьких прольотів поруч із Сатурном вдалося отримати значну кількість зображень, які дозволили з'ясувати, що характерною рисою цього супутника із льоду й каменю є глибокі каньйони, високі кручі та гладкі ділянки. Доволі детальна карта поверхні Діоні вказує на недавні геологічні зміни на поверхні. Тобто результати цих спостережень вказували на можливу наявність там недавньої геологічної активності.

Однак прямих доказів того, що в Діоні є водяний басейн, довго не було. І лише після проведення гравітаційно-топологічного аналізу із використанням більш сучасних методів вдалося отримати упевнені докази наявності океану під поверхнею Діони. Побудовані геофізичні моделі та гравітаційні аномалії на супутнику вказали на те, що товщина крижаної поверхні Діоні становить близько 100 км. А під нею, дуже ймовірно, знаходиться цілий океан води, глибина якого може сягати 65 км.

Діона має більш сферичну форму, ніж це характерно для Енцелада. Крім того, її кора є набагато товщою. Інформація про гравітацію Діони

також вказує на наявність у супутника твердого ядра, розмір котрого становить до 70% від загального радіусу супутника. При розпаді радіоактивних елементів у ядрі виділяється тепло, завдяки якому оточуючий його лід тане. Найочевидніше, саме це і призвело до появи океану на Діоні.

Наявність гейзерів на Діоні, аналогічних тим, котрі спостерігаються на Енцеладі та Європі, змогли б поставити крапку у проясненні ситуації щодо нинішнього стану супутника. Але, на жаль, гейзерів на Діоні поки не бачили, і, якщо враховувати товщину поверхневої кори супутника, то не факт, що взагалі їх можна коли-небудь побачити. Якщо ж океан там дійсно є й існує він на протязі всієї історії Діони, то цілком можливо, що за відповідних умов там могло б розвинутися й мікробне життя.

Таким чином, океани не є чимось незвичайним і унікальним для нашої Сонячної системи. Для з'ясування справедливості такого ж висновку і щодо життя потрібно продовжувати відповідні дослідження. А отже, для підтвердження чи спростування наявності океану на Діоні необхідно відправити нову космічну місію, яку, мабуть, доведеться чекати ще довго.

1. *Klyanchin A.I., et al.* // XIII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Чернігів, 2011). — С.29–30.
2. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Умань, 2018). — С.61–63.
3. *Vidmachenko A.P.* // Вісник Астрономічної школи. — 2012. — Т. 8, № 1. — С.136–148.
4. *Vidmachenko A.P., et al.* // XIII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Чернігів, 2011). — С.15–16.
5. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. — Kyiv: Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine, 2019. — 468 p.
6. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets. — Kyiv: MAO NASU Press, Ltd. Dia, 2012. — 255 p.
7. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. — Kyiv: Editorial and publishing department of NULES of Ukraine, 2017. — 412 p.
8. *Vidmachenko A.P., et al.* // Вісник Астрономічної школи. — 2011. — Т. 7, № 1. — С.117–132.
9. *Vidmachenko A.P., et al.* // Вісник Астрономічної школи. — 2011. — Т. 7, № 1. — С.133–144.

# **Возможная жизнь в океане на спутнике Энцелад**

*Видьмаченко А.П.*

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Уильям Гершель в 1789 г. открыл шестой по размерам спутник Сатурна диаметром  $\approx 500$  км, который обращается вокруг планеты синхронно за 32,9 часа. Там есть очень разреженная атмосфера, и под ледяной мантией — силикатное ядро [5]. Согласно последним измерениям, из всех известных в Солнечной системе ледяных тел Энцелад, вероятнее всего, является самым горячим. Еще во время пролетов космического аппарата (КА) «Кассини» 14.07.2005 инфракрасный спектрометр обнаружил теплые области вокруг его южных приполярных областей. Температура здесь варьировалась от 85 до 90 К, и есть небольшие участки с температурой до 157 К. Это слишком тепло для того, чтобы объясняться только солнечным нагревом. Поэтому там должны быть участки, которые нагреваются изнутри спутника [5]. Тепловая карта его южных полярных разломов названа «тигровые полосы». В 2005 г. КА «Кассини» также обнаружил шлейф, исходящий из более сотни выбросов из южных приполярных областей Энцелада. Измерения масс-спектрометром и анализатором космической пыли (АКП) подтвердили, что выбросы идут из подповерхностного океана.

Обнаружение органических молекул в одном из таких плюмов [1], а также убедительные доказательства гидротермальной активности, делают Энцелад одной из главных целей для поисков жизни. Поэтому, наряду со спутником Юпитера Европой, Энцелад считается основным (после Земли и Марса) кандидатом в Солнечной системе, где потенциально возможно зарождение жизни. Аппаратура КА измерен состав газовых облаков, состоящих, в основном, из водяного пара, а также следы азота (в аммиаке), метана и углекислого газа [2]. В плюмах воды также есть зерна диоксида кремния и органических молекул, включая малые количества простейших углеводородов, таких как ацетилен ( $C_2H_2$ ), пропан ( $C_3H_8$ ), метан ( $CH_4$ ) и формальдегид ( $CH_2O$ ). Это говорит о том, что источником энергии является гидротермальная активность в подповерхностном океане Энцелада. Если этот океан имеет щелочной рН, то, как показывают модели, молекулярный водород ( $H_2$ ) может быть геохимическим источником для энергии, который может быть метаболизирован молекулами метаногенными микробами. С помощью АКП в выбросах из Энцелада примерно в 3% ледяных зерен было обнаружено значительную фракцию очень сложного органического материала [3, 4]. Предлагают несколько механизмов, которые могли бы объяснить присутствие в струях Энцелада высокомолекулярных органических веществ в высоких концентрациях. На Энцеладе в некотором пограничном слое на границе раздела вода–лед может присутствовать нерастворимый высокомолекулярный органический материал. Вырывающиеся из этого пограничного

слоя пузырьки могут образовывать в шлейфе выбросов субмикронные аэрозоли, обогащенные органическим материалом.

Высокие значения pH в океане Энцелада и отсутствие сульфатсодержащих кластеров в шлейфах указывают на отсутствие сильных окислителей, таких как O<sub>2</sub> в земном океане [7]. Поэтому, при бескислородных условиях любое обогащение органических веществ в таком океане будет отражаться на составе ледяных зернах в плюмах. В связи с этим, при любом анаболическом метаболизме может быть достигнут высокий уровень органических веществ, в случаях если скорость их образования превышает нормы разрушения.

Подводные гидротермальные источники на Земле обладают высокими биологическими нагрузками [6]. Учитывая наличие гидротермальной энергии в океане Энцелада и органических молекул, накопление ряда питательных веществ может достичь насыщения, а также привести к обогащению органических веществ в шлейфах.

О глобальном характере океана стало известно после проведения анализа либрации Энцелада по изображениям с «Кассини», полученным в 2004 г. Интенсивность либрации можно объяснить наличием мощного слоя жидкости, который разделяет силикатное ядро и ледяную кору данного спутника. В недрах океана могут быть расположены гидротермальные источники, нагревающие воду почти до +90°C. Такую высокую температуру под поверхностью Энцелада можно объяснить приливным разогревом спутника от Сатурна.

В земных гейзерных истоках нередко находят живые организмы. Поэтому можно предположить, что они могут существовать и на Энцеладе. Обнаружение водорода в захваченных образцах также подтверждает эти догадки, поскольку его наличие может говорить о присутствии под поверхностью Энцелада метана, получаемого при химических процессах метаногенеза из углекислого газа. Наличие и водорода, и метаногенеза вполне может обеспечивать простейшие микроорганизмы пищей, как это происходит и на Земле. Неоспоримым является факт того, что на Энцеладе есть в наличии все основные элементы, которые необходимы для поддержания простейших форм жизни.

1. *Cable M.L., et al.* // Astrobiology Science Conference. — 2017. — LPI Contrib. No. 1965, 3639.
2. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Умань, 2018). — С.61–63.
3. *Vidmachenko A.P., et al.* // Вісник Астрономічної школи. — 2011. — Т. 7, № 1. — С.117–132.
4. *Vidmachenko A.P., et al.* // Вісник Астрономічної школи. — 2011. — Т. 7, № 1. — С.133–144.
5. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets. — Kyiv: MAO NASU Press, Ltd. Dia, 2012. — 255 p.

6. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. — Kyiv: Editorial and publishing department of NULES of Ukraine, 2017. — 412 p.
7. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. — Kyiv: Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine, 2019. — 468 p.

## **Материал астероидов и кометных ядер можно изучать круглый год на орбите Земли**

*Видьмаченко А.П.<sup>1,3</sup>, Стеклов А.Ф.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

<sup>2</sup>Межрегиональная академия управления персоналом

<sup>3</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Тайна происхождения Солнечной системы хранится в кометных ядрах и в астероидах [14]. Именно они являются сгустками первичного вещества протосолнечной туманности. Поэтому изучение метеороидного материала поможет ответить на многие вопросы о происхождении Вселенной. До сих пор его состав изучали лишь по упавшим на Землю обломкам [9]. Но мы предлагаем образцы метеороидного вещества забирать непосредственно в космосе. Напомним, что для исследования ядра кометы Чурюмова–Герасименко к ней был направлен специальный космический аппарат. Стоимость того космического эксперимента составляла около 1 млрд. евро. НАСА для всестороннего изучения предполагает «поймать» небольшой астероид с предполагаемым диаметром до 10 м и массой до 500 тонн. Астероид планируют захватить специальным беспилотным зондом и переправить его к орбите Луны. И уже сюда, к пойманному беспилотной роботизированной системой астероиду, рассчитывают направить пилотируемый космический аппарат. Там астронавты соберут необходимые образцы астероида и отправят их на Землю для проведения дальнейшего анализа.

Напомним, что ежедневно на поверхность нашей планеты падает от сотни до тысячи тонн (при действии метеорных потоков) метеорного вещества [1–4]. Метеорным веществом являются частицы космической пыли и фрагменты астероидов и кометных ядер. Попадая в атмосферу Земли, они порождают кратковременные световые вспышки, называемые метеорными явлениями. Их высыпчивание происходит из-за высокой температуры, возникающей при взаимодействии метеороида с земной атмосферой [8].

Совокупность ежегодно наблюдаемых в одни и те же дни метеоров, видимые пути которых выходят из некоторой точки на небе, называют метеорными потоками. Они возникают тогда, когда Земля при своем движении по орбите пересекает вытянутые на орбите вокруг Солнца скопления метеорного вещества. Постоянные метеорные потоки повторяются ежегодно, и действуют от нескольких дней до месяцев [4, 6,

7]. Некоторые из метеорных потоков существуют уже на протяжении сотен, а то и тысяч лет. «Родителями» метеороидов для десятка из метеорных потоков являются остатки известных кометных ядер, а еще для 5–7 — известные астероиды. Например, остатки кометы Галлея образуют метеороиды для потока  $\eta$ -Аквариды в апреле–мае и в октябре — для метеорного потока Ориониды [5].

Поэтому изучать материал конкретного астероида или кометного ядра можно не только на огромнейших расстояниях от Земли. Также, не обязательно «ловить» целый астероид или же кометное ядро. Ведь НАСА также планирует отбирать небольшие образцы от доставленного к Луне астероида. А поскольку пара десятков астероидов и кометных ядер уже на протяжении времени от нескольких суток до больше месяца ежегодно пересекают орбиту нашей планеты, то для их изучения нам будет достаточно захватить всего лишь маленький кусочек метеороида. С этой целью мы должны его поймать в открытом космосе, тщательно «законсервировать» и затем доставить для основательного исследования в земных условиях с помощью современного высококачественного оборудования [10, 11].

Для «отлова» мелкого метеоритного материала в космическом пространстве необходимо создать специальные ловушки, которые, например, применяли на межпланетной станции «Стардаст», при исследованиях кометы 81P/Вильда по забору частиц из ее хвоста (см. в [8]). Там специальные ячейки возвращаемой капсулы заполнялись аэрогелем на основе диоксида кремния. Такое вещество имеет сверхнизкую плотность, и способно затормозить без перегрева небольшие частицы, летящие с высокой скоростью. Подобными ячейками необходимо оснастить орбитальные системы, и открывать их в моменты близкие к максимумам конкретных метеорных потоков [12, 13]. При таких условиях доставленные из космоса микрометеориты не подвергнутся воздействиям высокой температуры, и обеспечат полную стерильность и пригодность для тщательного исследования.

1. *Churyumov K.I., et al.* // Вісник Астрономічної школи. — 2015. — Т. 11, № 2. — С.99–102.
2. *Churyumov K.I., et al.* (2016) 5 ISC, Vinnytsia. — Р.33–37.
3. *Dashkiev G.N., et al.* (2017) 48LPSC, LPICo по. 1964, id.1135.
4. *Steklov E.A., et al.* (2017) 48LPSC, LPI Co. 1964, id.1327.
5. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — Р.53–56.
6. *Vid'machenko A.P., et al.* // SSR. — 1977. — 10(4). — Р.194–197.
7. *Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — Р.91–93.
8. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* (2014) MAO NASU, NULE SU, Kyiv, PH “Profi”, 388.

9. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* // Вісник Астрономічної школи. — 2013. — Т. 9, № 2. — С.146–148.
10. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — Р.121.
11. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* // Вісник Астрономічної школи. — 2018. — Т. 14, № 1. — С.15–22.
12. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* (2019) OAP, 32. — Р.176–177.
13. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* (2018) 50 LPSC, LPI Co. 2132, id.1088.
14. *Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A.* // Astron. Almanac. — 2007. — 53. — Р.195–207.

## **Миссии к астероидам**

*Видьмаченко А.П.<sup>1,3</sup>, Стеклов А.Ф.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

<sup>2</sup>Межрегиональная академия управления персоналом

<sup>3</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Астероиды сформировались более 4,5 млрд. лет назад и являются ровесниками Солнечной системы (СС) [4–6]. Очень интересна потенциальная польза, которую могут принести эти космические объекты, ведь в их состав входит все: от воды до платины [1–3]. В зависимости от состава астероиды делят на три основные спектральные классы [12]. 75% известных нам астероидных тел, принадлежат к классу С (carbon — углеродные). Они содержат значительные запасы воды, углерод, фосфор и др. Воду можно будет использовать при космических миссиях; ее можно разделить на водород и кислород для ракетного топлива. Свыше 16% от всех известных астероидов относят к классу S (silicon — кремниевые); они содержат мало воды, но богатые никелем, железом, кобальтом и т.п.; в составе астероидов S-класса можно обнаружить и драгоценные металлы, такие как родий, золото и платина. Самыми малочисленными являются астероиды класса M — металлические; их около 8% общего числа.

Околоземные астероиды также варьируются по своему составу. Каждый из них в различных количествах содержит углеродистые материалы, воду и металлы [8, 11]. Два из околоземных астероидов посещались автоматическими космическими аппаратами (КА). Так, миссия НАСА посетила астероид 433 Эрос, а японская «Hayabusa» побывала возле астероида 25143 Итокава. А в сентябре 2016 г. НАСА запустило очередной КА, направив его к пересекающему орбиту Земли околоземному астероиду Бенну с диаметром  $\approx 0,6$  км; период его обращения вокруг Солнца составляет  $\approx 1,2$  земного года, при периоде собственного вращения 4,28 часа. Его орбита расположена близко к Земле, невелик угол ее наклонения к плоскости земной орбиты, и поэтому полет к нему не требовал значительных затрат энергии. Это позволило увеличить вес научной аппаратуры на борту КА. Кроме того, астероид

относится к классу С углеродных астероидов, что позволит получить для исследования углеродистое вещество, которое сохранилось со временем образования нашей СС. Аппарат достиг его в октябре 2018 г. Вначале это тело изучалось спектральными методами, а с помощью фотографических изображений выбиралось наиболее оптимальное место для посадки на его поверхность с целью отобрать образцы породы, масса которых потенциально может быть 0,06–2 кг. Разработчики предусмотрели возможность трехкратно выполнить операции забора грунта. На КА с помощью нескольких спектрометров проводятся наблюдения в ближнем инфракрасном (ИК) и видимом диапазонах с целью определения возможного состава пород на астероиде и для поиска органических соединений, минералов, других химических веществ. Поиск возможной органики является важным для воссоздания истории образования СС и происхождения разных типов жизненных форм [7, 9, 10]. Спектрометр, фиксирующий тепловое излучение, отраженное минералами астероидной поверхности, позволяет определять ее температуру, что необходимо для обнаружения участков поверхности богатых водой. А рентгеновский спектрометр предназначен для поиска залежей кремния, железа, серы и магния. Имеющаяся аппаратура позволяет обдувать поверхность азотом для разрыхления материала на несколько сантиметров и загружать его в специальную камеру. После проведения обширных научных исследований астероида КА к 2023 г. должен доставить образцы грунта на Землю для последующего исследования на наличие возможного наличия ценных ресурсов и, возможно, прольет свет на проблемы происхождения жизни на Земле. Кроме того, запланировано провести ряд других научных исследований, в частности, изучить т. наз. «эффект Ярковского», что связано с изменением астероидной орбиты под действием возникающих за счет теплового излучения поверхности малого небесного тела негравитационных сил. Считают, что этот эффект можно будет использовать и для изменения орбит опасных астероидов.

1. Hardersen P.S., et al. // Icarus. — 2005. — 175(1). — P.141–158.
2. Steklov E.A., et al. // 6 Gamow ICo (Odessa, 2016). — P.43–44.
3. Takir D., et al. // Astron.J. — 2016. — Vol. 153(1). — P.31–36.
4. Vidmachenko A.P. // Вісник Астрономічної школи. — 2012. — Т. 8, № 1. — C.136–148.
5. Vidmachenko A.P. // Astron. Almanac. — 2015. — 62. — P.228–249.
6. Vidmachenko A.P. // Вісник Астрономічної школи. — 2016. — Т. 12, № 2. — C.14–26.
7. Vidmachenko A.P. // Вісник Астрономічної школи. — 2017. — Т. 13, № 1. — C.11–21.
8. Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.91–93.
9. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. The study of the satellites surfaces and

- the rings of the giant planets. — Kyiv: MAO NASU Press, Ltd. Dia, 2012. — 255 p.
10. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. // XIX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Bila Tserkva, 2017). — P.21–23.
  11. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2019) Odessa AP, 32. — P.176–177.
  12. Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. // Astron. Almanac. — 2007. — 53. — P.195–207.

## Активная тектоническая деятельность на спутнике Европа

Видъмаченко А.П.<sup>1,3</sup>, Стеклов А.Ф.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

<sup>2</sup>Межрегиональная академия управления персоналом

<sup>3</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Предыдущие научные исследования показали, что под поверхностью Европы существует океан из жидкой воды [9, 10]. Он полностью покрывает Европу и содержит большее количество воды, чем все реки, моря и океаны на Земле. Наличие жидкого океана под ледяной корой автоматически делает этот спутник кандидатом в пригодные для жизни миры [2]. Также на спутнике найдены доказательства существования тектонических плит и их движения [3]. Об этом говорят видимые на ледяной коре Европы визуальные доказательства расширения поверхности. Вся ее поверхность испещрена впадинами, трещинами, хребтами, другими хаотическими образованиями шириной до нескольких километров [1, 7, 11, 12]. Но похожее вещество явно присутствует на разнесенных разломами соседних участках. Подобный процесс похож на геодинамические процессы растяжения, которые проявляются в расхождении литосферных блоков коры в океанах и заполнением этого пространства магмой [8].

Предполагают, что облучение поверхности Европы насыщает ледяную кору перекисью и кислородом, которые вследствие тектонических процессов могут переноситься сквозь лед во внутренние части океана при перемешивании слоев льда геологическими процессами, а также через трещины в коре спутника [3]. Подобный процесс всего за десяток млн. лет может насыщать океан спутника кислородом подобно земным. Такое количество  $O_2$  в подледном океане будет достаточным для поддержания там развитой жизни. Это позволило бы Европе поддерживать там не только анаэробную микробную жизнь, но и большие аэробные организмы, учитывая существование сложных многоклеточных форм жизни [3]. В декабре 2012 г. космический телескоп Хаббла обнаружил вырывающиеся из холодной поверхности спутника Европы струи воды, которые состояли из частиц льда и пыли. Интенсивность выбросов таких струй зависит от орбитального положения спутника. Самые активные гейзеры были зафиксированы в момент прохождения Европой

самой удаленной части орбиты, когда трещины испытывают наибольшие напряжения из-за действия периодических гравитационных сил [4, 5]. В результате этого спутник как бы расширяется и открывает разломы в его поверхности.

К Европе уже планируют направить пару космических миссий с целью попытаться понять ее потенциальную жизнеспособность. Основными составляющими для возможного присутствия там жизни являются вода и наличие необходимой для жизни химической энергии [2]. Например, задачей для космического аппарата (КА) «Клиппер» будет его пролет через водяные гейзеры с целью собрать необходимую информацию об их химическом составе. Предполагается, что аппаратура «Клиппера» специальным защитным слоем будет экранирована от влияния радиации Юпитера, и за три с половиной года КА сделает как минимум 45 близких подлета на 2700–25000 км от спутника. Перспективной является технология «пенетратора», когда выпущенный с аппарата снаряд со скоростью около 300 м/с попадает на поверхность, выбрасывая свежие образцы льда для последующего анализа бортовыми инструментами посадочного аппарата. Цель такой миссии — обнаружить жизнь в ходе прямых измерений и убедить всех, что это сделано.

НАСА определилось с составом девяти научных инструментов, которые будут установлены на автоматическую межпланетную станцию и, как ожидается, помогут обнаружить, есть ли жизнь в подледном океане Европы. Инструменты включают в себя камеры и спектрометры, позволяющие получать с высоким разрешением изображения поверхности Европы и определять ее состав и строение. Там будет радар для определения толщины ледяной оболочки спутника и поиска подледных озер [6]. Также будут магнитометры для исследования магнитного и электрического полей спутника и для определения солености и глубины океана, и инструмент для исследования теплового излучения от Европы. Общий бюджет миссии оценивают в 2 млрд. долларов.

1. *Klyanchin A.I., et al. // XIII Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Chernigiv, 2011). — P.29–30.*
2. *Kolokolova L.O., Steklov A.F. // Microbiological journal. — 1981. — 43(6).*
3. *Pasek M.A., Greenberg R. // Astrobiology. — 2012. — 12(2).*
4. *Shavlovskiy V.I., Vidmachenko A.P. (2015) IX ICo NEA, Nalchik KBSC RAS. — P.25–26.*
5. *Shavlovskiy V.I., Vidmachenko A.P. («NEA-2015». Proceedings ICo. — M.: Yanus-K, 2015. — P.146–149.*
6. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.61–63.*
7. *Vidmachenko A.P., et al. // XIII Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Chernigiv, 2011). — P.15–16.*
8. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. Physical parameters of terrestrial planets*

- and their satellites. — Kyiv: Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine, 2019. — 468 p.
9. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets. — Kyiv: MAO NASU Press, Ltd. Dia, 2012. — 255 p.
  10. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. — Kyiv: Editorial and publishing department of NULES of Ukraine, 2017. — 412 p.
  11. *Vidmachenko A.P., et al.* // Вісник Астрономічної школи. — 2011. — Т. 7, № 1. — С.117–132.
  12. *Vidmachenko A.P., et al.* // Вісник Астрономічної школи. — 2011. — Т. 7, № 1. — С.133–144.

## **Результати обробки даних відео-спектральних базисних спостережень метеорів у Харкові**

Голубаєв О.В.<sup>1</sup>, Мозгова А.М.<sup>2</sup>, Коняєва Є.<sup>3</sup>, Голуб Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>НДІ астрономії Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна

<sup>2</sup>Астрономічна обсерваторія Київського національного

університету імені Тараса Шевченка

<sup>3</sup>Фізичний факультет Харківського національного

університету ім. В.Н. Каразіна

Для отримання кінематичних і фізичних характеристик метеорних тіл та їх спектрів застосовано автоматизований відео-спектральний метеорний патруль (ABCMP) НДІ астрономії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Спектральна камера забезпечує отримання спектрів у діапазоні довжин хвиль 350–1000 нм з оберненою лінійною дисперсією порядку 1,6 нм/піксель. Часова роздільна здатність спостережень у змінах метеорних спектрів становить порядку 20 мс. У період 2019–2020 років проведено базисні та спектральні спостереження метеорів потоків: Персеїди, Леоніди, Альфа-Моноцеротиди, Тауріди та ін. Створено базу спостережних даних. Виконано первинну обробку отриманого матеріалу. Для обробки відео-спектральних спостережень метеорів розроблено методику та програмне забезпечення “AVSMPро”. Завдяки даному ПЗ виконано обробку спектрів деяких яскравих метеорів та визначено їх якісний хімічний склад.

## **Визначення та моделювання рухів земної поверхні за даними GNSS-спостережень**

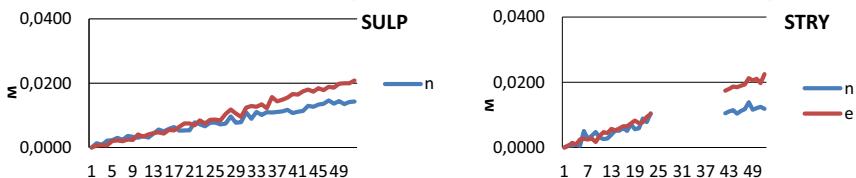
Доскіч С.В., Гащук І.Т., Шпак Ю.Ю.

Національний університет «Львівська політехніка»

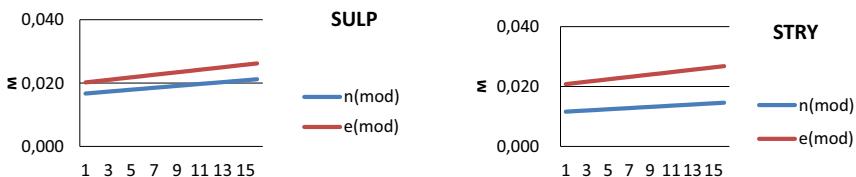
Динаміка літосфери, одне з найважливіших питань геодинаміки, була протягом багатьох років предметом геологічних і геофізичних досліджень. На сьогоднішній день з розвитком супутникових технологій для дослідження рухів земної поверхні використовують GNSS методи. Науковцями було прийнято, що за відсутності будь-яких непрямих

впливів, швидкості зміни координат GNSS станцій є фактично рухом геологічної структури. Визначення швидкостей зміни координат можливе на основі опрацювання довготривалих часових серій геодезичних вимірювань на перманентних GNSS станціях.

Метою нашої роботи було визначення і подальше моделювання та прогнозування зміни координат референцних станцій отриманих за результатами щотижневих розв'язків часових серій. Для цього нами було визначено зміни топоцентрічних координат двох референцних GNSS станцій SULP та STRY за період (1982–2033 GPS-тижні) 2018 року.



**Рис. 1.** Зміни топоцентрічних координат референцних GNSS станцій



**Рис. 2.** Моделі зміни координат для наступних 16 тижнів

З метою подальшого прогнозування було змодельовано зміни координат для наступних 16 тижнів для станцій SULP та STRY, використовуючи при цьому лінійну апроксимацію.

Отримані результати зміни топоцентрічних координат референцної GNSS станції SULP ( $V_n = 15,8$  мм/рік,  $V_e = 21,0$  мм/рік) та STRY ( $V_n = 10,5$  мм/рік,  $V_e = 21,0$  мм/рік) за період (1982–2033 GPS-тижні) 2018 року, та змодельовані зміни координат для наступних 16 тижнів можуть в подальшому застосовуватися для локальних геодинамічних досліджень, а також для забезпечення контролю роботи станцій.

## Аналіз необхідності розробки бази геопросторових даних для потреб бджільництва

*Дьоміна І.І.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Бджільництво є важовою складовою забезпечення продовольством населення України. Вирощування більшості овочів, фруктів та горіхів неможливе без запилення. Забезпечення цієї важливої галузі залежить від багатьох факторів, але найважливішими є кормова база та безпека бджіл [1].

Важовою частиною корму для бджіл є сільськогосподарські одно-

річні культури та лісові насадження. На жаль, ми не маємо єдиної системи реєстрації сівозмін і єдиного джерела інформації про розташування пилконосних дерев на територіях лісових насаджень. Відсутність автоматизованого збору та зберігання просторової інформації щодо розташування кормової бази бджільництва унеможливлюють ефективний розвиток даної сфери.

У минулих дослідженнях [2] було здійснено аналіз територій, придатних для ведення бджільництва (з кормовою базою і віддалених від небезпечних об'єктів) за допомогою даних ДЗЗ, методів керованої класифікації та аналізу відстаней. Останнє дослідження показало [2], що зібрана інформація має зберігатися у геопросторовій базі даних. Це забезпечить зручність у проведенні майбутніх досліджень та може використовуватися для створення карт придатних для бджільництва територій.

Для поліпшення ситуації необхідно вивчати нові сучасні підходи, що забезпечать оперативне картографування та аналіз місця розташування земельних ділянок придатних для ведення бджільництва [3].

1. Закону України “Про бджільництво” від 22 лютого 2000 року, розділ VI.  
URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1492-14>
2. Moskalenko A., Domina I. Geoinformation modeling for location optimization of land parcels for apiaries // Land management, cadastre and land monitoring. — 2019. — No. 2. — P.23–29.
3. Наказ головного державного інспектора ветеринарної медицини України “Про затвердження Інструкцій щодо попередження та ліквідації хвороб і отруєнь бджіл” №9 від 30 січня 2001 року м. Київ і зареєстровано в Міністерстві юстиції України 12 лютого 2001 року за №131/5322. — URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0565-01>

## **Особливості динаміки контактної взаємодії тіл у самогравітуючих системах**

*Железняк О.О., Завізіон О.В., Терещенко А.О.*

Національний авіаційний університет, Київ

Під дією гравітаційних сил розглянуто процес зближення небесних тіл, який може привести до їх контактної взаємодії. Подібні явища можуть виникати в подвійних та кратних астероїдах, а також при розпаді об'єктів групи Кентаврів. В залежності від початкових умов, форми і фізико-хімічних властивостей небесних тіл така взаємодія призводить до руху одного тіла на поверхні іншого. За рахунок взаємного тертя виникає нагрівання тіл, що призводить до деформації форми, а у випадках ударної взаємодії — до переходу твердої фази у рідину і розтікання її на поверхні більшого за розмірами небесного тіла (утворення гідросфери). В окремих випадках утворена рідина може випаровуватись, створюючи газову атмосферу навколо взаємодіючих тіл.

Детально розглянуто динаміку небесних тіл, які мають форму однорідних куль різного радіусу. При умові  $R_1 \gg R_2$  відбувається кочення

малої кулі по поверхні великої самогравітуючої кулі. Показано, що така подвійна система під дією зовнішніх збурень зазнає затухаючого лібраційного руху навколо положення відносної рівноваги.

Контактна взаємодія двох самогравітуючих куль призводить до утворення протилежного власного обертання і має п'ять ступенів вільності. При зміні форми однієї з куль (утворення западини) можливе стійка (а в певних випадках — нестійка) динамічна рівновага зазначеній конфігурації.

## **О динамической фигуре, приливах и вращении небесных тел**

*Железняк О.А., Терещенко А.А.*

Национальный авиационный университет, Киев

Рассмотрена деформация небесного тела под действием возмущений центробежного и приливного потенциалов. Указано на существенное временное различие действия на динамическую фигуру вращения и приливного воздействия. Изменение приливов происходит с большей скоростью, чем собственное вращение небесного тела при условии, если приливы не синхронизированы с периодом вращения.

При движении приливного вздутия вокруг небесного тела вслед за приливообразующим телом центробежная деформация изменяется очень незначительно. Действующий приливной момент сил приводит к изменению скорости вращения небесного тела и диссипации энергии. Вследствие действия приливного трения происходит выделение тепла и нагревание внутренних слоев небесного тела. Впервые отмечено, что особую роль в процессе нагревания играет слой внутри небесного тела, где ускорение силы тяжести достигает максимального значения. В определенных случаях к значительному выделению тепла может приводить изменение со временем эксцентриситета орбиты гравитационно взаимодействующих тел. Примером этого является динамика галилеевых спутников Юпитера и выделение на Ио значительной тепловой энергии, проявляющееся в вулканической деятельности на поверхности. За счет резонансного гравитационного межспутникового взаимодействия у орбиты Ио поддерживается вынужденный эксцентриситет.

## **О методах оценивания некоторых характеристик метеороидов по следам вторжений**

*Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П.*

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Метеорные явления — это классические примеры космических вторжений [3–5, 12]. Наблюдения показывают, что яркие метеоры появляются на высотах в пределах  $H_1 = 115 - 65$  км и исчезают на высотах  $H_2 = 100 - 45$  км и даже ниже [14]. Большинство метеоров образуются метеороидными телами весьма малых размеров и даже пылинками,

которые на скорости от 11 до 72 км/сек на большой высоте начинают взаимодействовать с земной атмосферой. Их кинетическая энергия движения превращается в тепло, вследствие чего температура поверхности метеора доходит до 900 К. После этого его поверхность начинает плавиться, испаряться, и мы начинаем видеть его горячий след в виде метеора или болида [1, 12, 13]. При температуре около 2500 К начинается процесс абляции, окружающий поверхность метеороида защитным слоем, который также начинает светиться [7, 9]. Проходя через атмосферу, горячий пар от абляции сжимается из-за столкновений с атомами и молекулами атмосферы, создавая газодинамическую подушку и защищая метеор от прямых столкновений. Такой барьер создает два микросостояния перед метеором: один — при температуре 3500–5000 К образует основной метеорный спектр, и второй спектр появляется при температурах около 10 000 К. По спектрам метеоров определяют, состоят ли они из смеси никеля и железа, либо имеют минеральный состав. Исследования показывают, что 75–90% из них являются каменистыми, состоящими из таких силикатов, как пироксен, оливин и плагиоклаз. Таким образом, яркость и спектр метеоров позволяют оценить размеры и массу метеороидов, поскольку яркость метеоров является пропорциональной их массе и кубу скорости вторжения [2]. Например, метеорные тела, создающие метеоры  $0''$ , имеют размер  $\sim 3$  мм, массу  $\sim 1$  г, а радиус газодинамической подушки может достигать сотен метров [15].

Наши наблюдения дневных метеоров давали их блеск около  $-3''$ ; их образуют метеороиды с размером до 9 мм и массу до 16 г. Для их регистрации мы использовали цифровую SLR камеру с полномасштабным КМОП сенсором. Камера использует sRGB цветовой стандарт. Особенностью дневных наблюдений является высокая яркость неба и высокая цветовая температура вплоть до 12 000 К. При таких параметрах не очень яркие метеоры будут оставлять на дневном небе не светлый, а темный след, что и подтвердили наши наблюдения. Изменяя яркость метеора и фона неба в трех RGB цветах, мы оценили, что один из наблюдавшихся нами метеоров примерно на  $0,2''$  слабее фона дневного неба, который имеет яркость  $-(3...5)''$  с кв. угловой минуты. Цветовые индексы  $(B - G)$  и  $(G - R)$  являются некоторыми аналогами  $(B - V)$  и  $(V - R)$  цветовых индексов в астрономической BVR цветовой системе Джонсона. Преобразование RGB кривых блеска в BVR цветовую систему Джонсона, позволяет провести количественную колориметрию метеорного следа при использовании  $(B - V) - (V - R)$  цветовые диаграммы [8]. Положение метеора на такой цветовой диаграмме позволяет выполнить строгую колориметрическую обработку снимков и определить температуру плазменного следа метеора и ее изменение на траектории пролета по методике работы [2]. Если плазма оптически толстая, она будет светить как абсолютно черное тело. Мы также учли атмосферное поглощение, равное  $0,44''$  и  $0,21''$  на единицу воздушной

массы, соответственно, в *B* и *V* фильтрах [14]. Из проведенного анализа следует, что метеор существенно меняет свой цвет вдоль траектории пролета, отображая факт разогрева метеорного тела. Так, для одного из метеоров получено, что за время его пролета в 0,3 сек температура метеора изменялась от менее 6000 К до более чем 11 000 К. Проведенные в ГАО НАН Украины наблюдения слабых на ночном небе метеоров метеорного потока Лирид [6, 10, 11] в апреле 2018 г. выявили ряд новых неожиданных результатов. Так, один из метеоров пролетел за доли секунды, хотя звезды экспонировались 1 минуту. Анализ показал, что блеск метеора меняется с частотой около 6 Гц (период  $\approx 0,17$  сек) и амплитудой около  $0,001^m$ . Кроме того, наблюдается «болтанка» (wobbling) с частотой около 2 Гц, амплитудой 0,2 угловой секунды.

1. *Burton T., et al.* (2001) Wind Energy. Handbook N.-Y.
2. *Chalenko N.N.* // AstRep. — 1999. — 43(7). — P.459–461.
3. *Churyumov K.I., et al.* (2016) IC Meteoroids 2016, ESTEC Noordwijk, 63.
4. *Churyumov K.I., et al.* (2014) Book. Vinnytsia. FOP Kostiyk. — P.98–108.
5. *Dashkiev G.N., et al.* (2019) 50 LPZC LPI Co. 2132, id.1195.
6. *Kruchynenko V.G., et al.* // XIX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Bila Tserkva, 2017). — P.60–61.
7. *Steklov E.A., et al.* (2017) 48 LPSC LPI Co. 1964, id.1327. 20
8. *Straizys V.* Multicolor stellar photometry. — Vilnius, 1977. — 312 p.
9. *Vid'machenko A.P., et al.* // SSR. — 1977. — 10(4). — P.194–197.
10. *Zhilyaev B.E., et al.* (2019) 6 Gamow IC Odessa. — P.62.
11. *Zhilyaev B.E., et al.* (2018) 7 AUSC, Vinnytsia. — P.48–52.
12. *Zhilyaev B.E., et al.* // XXII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Київ, 2020). — С.22.
13. *Zhilyaev B.E., et al.* // XXII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Київ, 2020). — С.20.
14. *Петров В.Н.* // УФН. — 1939. — 22(4). — 450–463.
15. *Федынский В.В.* Метеоры. — М.: ГИТЛ, 1956. — 360 с.

## **Высокочастотные фотометрические изменения в метеорном следе из потока Лириды**

*Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П.*

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Выполненные в ГАО НАН Украины ночные наблюдения метеорного потока Лириды в апреле 2018 г. позволили впервые выявить изменения блеска метеоров даже при пролетах за доли секунд [2–6]. Например, анализ изображений слабого метеора показал, что на протяжении 0,3 сек его блеск изменяется с частотой около 6 Гц [12] при амплитуде около  $0,001^m$ . Также наблюдается «болтанка» (wobbling) поперек траектории с частотой  $\approx 2$  Гц и амплитудой до 0,2 угловой секунды. В связи

с этим была поставлена задача проверить наличие указанных эффектов в метеорных явлениях, полученных другими наблюдателями и в другое время [8–10]. В качестве примера мы использовали данные наблюдений из архивов Американского Метеорного Общества (The American Meteor Society, AMS). Для этого выполнили фотометрический анализ метеорного следа для метеора Leonid-meteor-6230 за 2012 год, взятого из [13]. На DSLR снимке в цветовом матричном стандарте RGB, который мы трансформируем в астрономическую BVR цветовую систему Джонсона, выявлена сложная структура метеорного следа. Цветовая обработка таких изображений позволяет выполнить их строгую колориметрическую обработку и, в частности, определить температуру плазменного следа метеора. Изображение показывает, что вначале след очень тонкий; наибольшая яркость следа наблюдается для в зеленой части спектра; это указывало на то, что основная энергия излучается в полосе  $G$ , являющейся аналогом астрономической полосы  $V$ . В конце следа наблюдается двойной взрыв и разрушение метеорного тела с максимумом излучения в синем цвете; это говорит о том, что преимущественная часть энергии излучается в полосе  $B$  матрицы, которая есть аналогом астрономической полосы  $B$ . То есть температура плазменного следа во время взрыва значительно повышается.

В интегральном свете видимый след метеора показывает сложную временнюю динамику. Область с максимальной яркостью смещается от прямолинейной траектории. И если вначале след занимал по ширине около двух пикселей, то в конце — расширяется до шести. Кроме того, на следе отчетливо видны высокочастотные колебания яркости свечения метеора. Траектория перемещения положения максимального выsvечивания поперек следа метеора показывает своеобразную «болтанку» перпендикулярно следу в пределах одного пикселя. Анализ положений центра масс изображений в интегральном свете показал, что «болтанка» имеет квазипериодический характер, демонстрируя сложную структуру переменности. До первой трети полного следа наблюдается некий переходной процесс, после чего отмечались интенсивные колебания блеска метеора. Преобразовав RGB кривые блеска в BVR цветовую систему Джонсона [7], используя положение метеора на цветовых диаграммах  $(B-V) - (V-R)$ , мы выполнили количественную колориметрию вдоль следа метеора и определили температуру метеорной плазмы, полагая плазму оптически толстой и светящейся как нагретое абсолютно черное тело [1, 11]. В месте появления метеорного следа плазма оказалась нагретой до 4500 К, и материал метеороида там начинает испаряться. Примерно с конца первой трети след становится непрозрачным и там возникают пульсации. Они отчетливо проявляются на кривой блеска. При наличии отклонений положения метеорного следа на цветовой диаграмме от плавного хода чернотельной зависимости, плазма становится оптически тонкой, или же в спектре метеора появляются эмиссионные

линии преимущественно атмосферных кислорода и азота, возбуждаемые высокой температурой метеорного тела. В рассмотренном случае температура метеора изменяется от 4500 К до почти 5000 К. Также в изменениях температуры следа видна волна с периодом  $\approx 0,4$  сек и амплитудой до 50 К, и высокочастотная температурная рябь с амплитудой около 15 К на второй половине кривой блеска метеора. Спектральный анализ кривых блеска метеора и положения центра масс интегральной кривой блеска выявляет две значимые гармоники около 3 Гц (с амплитудой  $\approx 0,03''$ ) и 46 Гц несколько меньшей амплитуды; амплитуда «болтанки» составляет около 1% ширины следа метеора. Частотно-временная структура динамики следа рассчитывалась из предположения, что длительность свечения метеора равна 1 секунде времени. Описанная выше методика обработки метеорных следов открывает новое направление в физике метеоров.

1. Chalenko N.N. // AstRep. — 1999. — 43(7). — P.459–461.
2. Churyumov K.I., et al. (2016) IC Meteoroids 2016, ESTEC Noordwijk, 63.
3. Churyumov K.I., et al. (2014) Book. Vinnytsia. FOP Kostiyk.— P.98–108.
4. Dashkiev G.N., et al. (2019) 50 LPZC LPI Co. 2132, id.1195.
5. Kruchynenko V.G., et al. // XIX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Bila Tserkva, 2017). — P.60–61.
6. Steklov E.A., et al. (2017) 48 LPSC LPI Co. 1964, id.1327.
7. Straizys V. (1977) Multicolor stellar photometry. Vilnius. 312.
8. Vid'machenko A.P., et al. (1977) SSR 10(4). — P.194–197.
9. Zhilyaev B.E., et al. (2019) 6 Gamow IC Odessa, 62.
10. Zhilyaev B.E., et al. (2018) 7 AUSC, Vinnytsia. — P. 48–52.
11. Федынский В.В. Метеоры. — М.: ГИТТЛ, 1956. — 360 с.
12. Жиляев Б.Е. и др. // XXII Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Kyiv, 2020).
13. <https://www.amsmeteors.org/meteor-showers/how-to-photograph-meteors-with-a-dslr/> Leonid by Mike Hankey.

## **Волна разрежения в метеорном следе**

*Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П.*

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Рассмотрим движение метеора в рамках динамики сжимаемого газа на примере движения поршня с постоянной скоростью в цилиндре с газом. В [8] показано, что подобное движение является адиабатическим, автомодельным и изоэнтропическим. Причем движение газа за поршнем обычно сопровождается нестационарной волной разрежения. Такая волна разрежения распространяется лишь на конечное расстояние вдоль оси передвижения поршня. Согласно предложенной модели газ в метеорном следе должен состоять из таких трех областей: 1) газ, который

движется вместе с метеором с постоянной скоростью; 2) область разрежения, в которой скорость постепенно уменьшается до нуля; 3) область неподвижного газа. При адиабатическом процессе выражения для плотности, давления и температуры в области разрежения записываются в таком виде [8]:

$$\rho = \rho_0 \left( 1 - \frac{\gamma-1}{2} \frac{v}{c_0} \right)^{\frac{2}{\gamma-1}}, \quad p = p_0 \left( 1 - \frac{\gamma-1}{2} \frac{v}{c_0} \right)^{\frac{2\gamma}{\gamma-1}},$$

$$T = T_0 \left( 1 - \frac{\gamma-1}{2} \frac{v}{c_0} \right)^2,$$

где  $v$  — скорость движения метеора (см/с),  $c_0$  — скорость звука (см/с),  $\gamma$  — показатель адиабаты (для паров воды  $\gamma = 1,4$ ). Нулевой индекс показывает характеристики в области, где газ неподвижен. В частности, отметим, что при движении метеора со скоростью звука, согласно приведенным формулам, давление в области разрежения уменьшится в пять раз, плотность — в три раза, а температура — уменьшится на треть. Для автомодельного движения зависимость скорости  $v$  от координаты  $x$  и времени  $t$  имеет следующий вид [8]:

$$v = \frac{2}{\gamma+1} \left( c_0 - \frac{x}{t} \right).$$

Частицы, образовавшиеся при сгорании метеорного вещества, служат центрами конденсации для водяного пара [1–3]. Если пар насыщенный, то конденсация происходит практически мгновенно; если же пар не насыщенный, то в обычных условиях конденсации не будет. Однако, в волне разрежения на короткое время могут создаваться специфические условия для конденсации пара, и тогда инверсионный след появится. После затухания волны разрежения условия для осуществления конденсации возвращаются в исходное состояние.

Таким образом, даже если водяной пар в атмосфере будет не насыщенным, то на траектории движения метеора на короткое время может появиться инверсионный след в волне разрежения [4]. Например, на диаграмме состояния давления насыщенного водяного пара в координатах «температура–давление» представляется в виде параболы, которую пересекает прямая линия, отображающая изменение давления пара в волне разрежения. При относительной влажности 60% неподвижный газ характеризуется температурой 283 К ( $+10^\circ\text{C}$ ) и давлением  $P = 5,53$  мм. рт. ст. При таких характеристиках конденсации водяного пара не происходит. В волне разрежения температура и давление падают до значений  $T = 181$  К ( $-92^\circ\text{C}$ ),  $P = 1,16$  мм. рт. ст. В таких условиях пар становится сильно насыщенным и конденсация происходит. Однако это довольно нестационарный процесс. Точка состояния на линии адиабаты передвигается в сторону повышения температуры и давления, и возвращается в исходное состояние, когда пар снова становится не-

насыщенным, и тогда инверсионный след исчезает. Приведенные оценки позволяют сделать заключение, что практически все космические вторжения как метеороидов, так и фрагментов космического мусора, в тропосфере сопровождаются появлением инверсионного следа [6, 7]. В случае насыщенного пара след сохранится на протяжении длительного времени. Когда же пар ненасыщенный, мы будем свидетелями кратковременного появления инверсионного следа. Время образования и исчезновения инверсионного следа можно оценить по скорости роста капли в парах воды [5]:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{m}{\rho} \left( n \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} - \frac{p_{\text{sat}}}{kT_d} \sqrt{\frac{8kT_d}{\pi m}} \right),$$

где  $r$  — радиус капли (см),  $\rho$  — плотность капли ( $\text{г}/\text{см}^3$ ),  $T$  — температура газа и  $T_d$  — температура капли (К),  $m$  — масса молекулы воды (г),  $p_{\text{sat}}$  — давление насыщенного пара ( $\text{дин}/\text{см}^2$ ),  $k$  — постоянная Больцмана ( $\text{эрг}/\text{град}$ ),  $n_c$  — концентрация насыщенного пара. Отсюда видно, что если  $T$  (температура газа) и  $T_d$  (температура капли) совпадают, то при  $n > n_c$ , когда плотность пара превышает плотность насыщенного пара, начинается роста капли в парах воды. Для времени роста капли получим:  $\Delta t \approx 9,7 \cdot 10^{18} r / \sqrt{nT}$ . Полагая размер капли равным 5 мкм,  $n$  — концентрация насыщенного пара при  $T = 280$  К, получим оценку времени роста капли  $\Delta t = 0,001$  сек. Таким образом, инверсионный след образуется практически мгновенно.

1. Kruchynenko V.G., et al. // XIX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Bila Tserkva, 2017). — P.60–61.
2. Steklov E.A., et al. (2017) 48LPSC, LPICo. 1964, id.1327.
3. Zhilyaev B.E., et al. (2019) 6 Gamow ICo, Odessa, 62.
4. Zhilyaev B.E., et al. (2018) 7 AU SC, Vinnytsia Ltd. "Tvory". — P.48–52.
5. Zhilyaev B.E., Totochava A.G. // ASP Co Series. — 1996. — 96. — P.97.
6. Zhilyaev B.E., et al. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.22.
7. Zhilyaev B.E., et al. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.20.
8. Ландау Л.Д., Лишинець Л.М. Гидродинамика. — М.: Наука, 1988. — 736 с.

## О вращении метеороидов

Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П.

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Космические вторжения происходят на скоростях 11–72 км/с. Метеороидные тела начинают активно взаимодействовать с атмосферой на высотах 80–115 км [2, 5]. Траектория такого тела зависит от его формы. При шарообразной или цилиндрически-симметричной форме траектория имеет простейший вид, и на коротких отрезках она близка к прямой

линии. Трехмерные характеристики траектории, вычисления радианта и определения орбиты тела вторжения легко определять при базисных наблюдениях вторжений из двух или более точек наблюдений [6, 7, 11, 14]. При движении метеорных тел часто отмечаются отклонения от прямолинейной траектории, называемые «болтанкой» (wobbling). Иногда траектории принимают характерный вид «штопора» [4, 10]. Отклонения от прямолинейного движения свидетельствуют о присутствии силы, перпендикулярной направлению траектории полета. Такое явление известно как эффект Магнуса. Оно возникает при обтекании вращающегося тела потоком газа [13]. При вращении тела в пограничном слое в круговое движение вовлекаются прилегающие слои воздуха. Набегающий поток движется быстрее там, где его направление совпадает с направлением вращения тела, и движется медленнее там, где его направление противоположно направлению вращения. В соответствии с законом Бернуlli возникает разность давлений, которая сообщает вращающемуся телу силу перпендикулярно направлению движения [8, 9]. Подъемная сила Магнуса  $F_M$  возникает при вращении тела произвольной формы. Наиболее простое выражение известно для тела цилиндрической формы [12]:  $F_M = L\rho v_\infty \cdot (2\pi\omega R^2)$ , где  $R$ ,  $L$  — радиус и длина цилиндра (см),  $\rho$  — плотность газа ( $\text{г}/\text{см}^3$ ),  $v_\infty$  — скорость потока на бесконечности ( $\text{см}/\text{с}$ ),  $\omega$  — скорость углового вращения ( $\text{с}^{-1}$ ). Действующая на метеор аэродинамическая сила равна  $F_C = C\rho v_\infty \cdot (\pi R^2)$ , где  $C$  — коэффициент лобового сопротивления, зависящий от формы тела. Для шара его значение находится в пределах 0,1...0,4. Сравнение этих двух сил показывает, что траектория метеора искривляется в результате действия этих двух сил. Соотношение  $F_M/F_C = 1$  определяет тот случай, когда радиус кривизны траектории и длина следа равны друг другу. Например, для летящего со скоростью звука метеорного тела радиусом 1 см частота вращения должна составлять около 3800 Гц; для метеоров меньшего размера частота вращения должна быть пропорционально выше. Отсюда следует, что траектории типа «штопор» оставляют в атмосфере крупные метеороидные тела и фрагменты космического мусора. Что же заставляет метеорное быстро вращаться? Метеороидное тело можно считать воздушной турбиной, преобразующей энергию воздушного потока во вращательную энергию. Аэродинамические свойства метеороидного тела зависят от отношения подъемной силы к динамическому сопротивлению. Например, тонкая плоская пластина представляет собой эффективную подъемную поверхность. Предположим, что метеороидное тело также обладает некоторой подъемной силой. Важно, что такие аэродинамические качества сохраняются, в основном, и при сверхзвуковом, и гиперзвуковом движении метеороида [3]. Энергия вращения объекта  $E$  вокруг своей оси равна:  $E = I\omega^2/2$ , где  $\omega$  — угловая скорость ( $\text{с}^{-1}$ ),  $I$  — момент инерции вокруг оси вращения ( $\text{г}\cdot\text{см}^2$ ). Максимальная мощность  $P$ , которую можно извлечь из потока газа,

определяется следующим выражением [1]:  $P = \rho A v^3 / 2$ , где  $\rho$  — плотность газа ( $\text{г}/\text{см}^3$ ),  $v$  — скорость газа ( $\text{см}/\text{с}$ ),  $A$  — площадь мнимой поверхности, через которую протекает газ ( $\text{см}^2$ ). Считая, что метеор движется со скоростью звука, плотность воздуха равна  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{см}^3$ , размер метеора  $r = 1 \text{ см}$ , плотность вещества метеора  $5 \text{ г}/\text{см}^3$ , момент инерции для диска  $I = mr^2/2$  и, полагая, что на вращение метеора уходит половина максимальной мощности  $P$  потока газа, получим выражение для оценки угловой скорости вращения метеора:  $\omega = \sqrt{\rho v^3 A / I}$ . При вышеуказанных параметрах скорость вращения метеора составит около 9000 Гц. Эта оценка в целом согласуется с частотой вращения 3800 Гц, полученной выше при рассмотрении эффекта Магнуса. Рассмотрено влияние «болтанки» следов метеоров, которое возникает при течении газа вокруг вращающегося тела (эффект Магнуса).

Таким образом, метеорное тело можно рассматривать как воздушную турбину, которая преобразует энергию воздушного потока во вращательную энергию. Скорость вращения метеора может достигать нескольких килогерц.

1. Burton T., et al. (2001) John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, New York.
2. Kruchynenko V.G., et al. // XIX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Bila Tserkva, 2017). — P.60–61.
3. Kuchemann D. // Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Mechanik. — 1938. — 18(4). — 07–222.
4. Steklov E.A., et al. (2017) 48 LPSC, LPI Co. 1964, id.1327.
5. Zhilyaev B.E., et al. (2019) 6 Gamow IC, Odessa, 62.
6. Zhilyaev B.E., et al. (2018) 7 AU SC, Vinnytsia Ltd. "Tvory". — P.48–52.
7. Zhilyaev B.E., Totochava A.G. // ASP Co Series. — 1996. — 96. — P.97.
8. Жиляев Б.Е. та ін. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.24.
9. Жиляев Б.Е. та ін. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.20.
10. Жиляев Б.Е. та ін. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.22.
11. Бурага А. Костюков В. // Труды МАИ, 53.
12. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. — Київ: Наукова думка, 1989. — 864 с.
13. Ландау Л.Д., Лишинець Л.М. Гидродинамика. — М.: Наука, 1988. — 736 с.
14. Петров В.Н. // УФН. — 1939. — 22(4). — С.450–463.

## **Винтовые траектории вторжений и взрывы метеороидов**

**Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видъяченко А.П.**

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Большинство метеорных явлений заканчивают свое существование взрывом [4]. Взрыв или разрушение метеороида происходят тогда, когда

возникающая при вращении центробежная сила становится равной нормальной силе, определяющей предел прочности материала, из которого состоит метеороид [8, 9]. Значение предела прочности определяется модулем Юнга [10]

$$E = \frac{F_n/S}{\Delta l/l},$$

где  $E$  — модуль Юнга (ГПа),  $F_n$  — нормальная сила (Н),  $S$  — площадь поверхности ( $\text{м}^2$ ),  $\Delta l$ ,  $l$  — изменение длины и длина при деформации (м) [11].

Центробежная сила определяется соотношением

$$F = m\omega^2 r,$$

где  $F$  — центробежная сила,  $m$  — масса,  $\omega$  — угловая скорость,  $r$  — радиус. Полагая  $\Delta l/l \approx 1$  и приравнивая силы, получим условие разрушения

$$E = \rho_m \omega^2 r^2 = \rho_m v^2,$$

где  $E$  — модуль Юнга,  $\rho_m$  — плотность вещества метеора,  $v$  — скорость вращения на поверхности метеора. Полагая модуль Юнга  $E = 50$  ГПа и  $\rho_m = 5 \text{ г}/\text{см}^3$  для метеороидов минерального состава, получим граничное значение скорости вращения метеора  $v \approx 3 \text{ км}/\text{с}$ . Когда метеороидное тело раскручивается до граничной скорости около трех километров в секунду, что часто сравнимо со скоростью метеороида, оно взрывается. Винтовые траектории вторжений («штопоры») являются часто наблюдательным фактом [5–7]. Приравнивая силу Магнуса и центробежную силу орбитального вращения, получим такое выражение:

$$F_c = m\Omega^2 R,$$

где  $F_c$  — центробежная сила,  $m$  — масса,  $\Omega$  — угловая скорость орбитального вращения,  $R$  — радиус орбитального вращения. Получим значение угловой скорости орбитального вращения  $\Omega$

$$\Omega \approx 2\pi\omega\rho/\rho_m,$$

где  $\rho_m$  — плотность вещества метеора,  $\rho$  — плотность воздуха.

Из наблюдений винтовых траекторий можно сделать вывод, что линейная скорость орбитального вращения сравнима со скоростью метеороида. Тогда радиус винтовой траектории можно оценить из выражения  $R = v_\infty/\Omega$ , где  $v_\infty$  — значение скорости газа, обтекающего метеороид, то есть это скорость полета самого метеороида. Радиус винтовой траектории в зависимости от радиуса метеора имеет приблизительно параболическую зависимость. Используя вышеприведенную методику, мы оценили возможные размеры метеороидов для нескольких довольно ярких ночных метеоров и для ряда дневных болидов.

Исходя из данных о некоторых вторжениях, описанных в [1–3], простые расчеты показывают, что указанные ночные метеорные явления, возможно, вызваны телами с размерами от долей миллиметра до не-

скольких сантиметров, а дневные болиды средней яркости [2] могут образовывать метеороидные тела с размерами до 40 см. Отметим, что выполненные расчеты имеют оценочный характер.

1. Kruchynenko V.G., et al. // XIX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Bila Tserkva, 2017). — P.60–61.
2. Steklov E.A., et al. (2017) 48LPSC, LPICo. 1964, id.1327.
3. Zhilyaev B.E., et al. (2019) 6Gamow ICo, Odessa, 62.
4. Zhilyaev B.E., et al. (2018) 7AU SC, Vinnytsia Ltd. "Tvory". — P.48–52.
5. Zhilyaev B.E., Totochava A.G. // ASP Co Series. — 1996. — 96. — P.97.
6. Zhilyaev B.E., et al. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.24.
7. Zhilyaev B.E., et al. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.20.
8. Zhilyaev B.E., et al. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.26.
9. Zhilyaev B.E., et al. // XXII Міжнародна наукова конференція "Астрономічна школа молодих вчених" (Київ, 2020). — С.22.
10. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. — Киев: Наукова Думка, 1989. — 864 с.
11. Ландау Л.Д., Лишинець Л.М. Гидродинамика. — М.: Наука, 1988. — 736 с.

## **Хорватский болид**

*Жиляев Б.Е., Видъмаченко А.П., Стеклов А.Ф.*

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Утром 28.02.2020 около 10:30 метеорное тело высветилось в атмосфере над Хорватией (г. Карловац, наблюдатель Tomislav Čar) и Италией (г. Фано) на высоте около 20 км, двигаясь со скоростью около 30 км/с; прослеженный путь составил около 300 км. Полет метеороида [2] сопровождался распадом, вспышками яркости (рис. 1, 2) и громким звуком; взрывы продолжались несколько секунд, что сопровождалось сотрясением оконных стекол [1]. Метеор оставлял на ясном небе быстро исчезающий инверсионный след. В синем и красном фильтрах (рис. 3) в следе метеора прослеживается ударная цилиндрическая волна сжатия и разрежения [3–5]. В контурном рисунке трека метеора, который показывает распределение яркости, видны колебания блеска вдоль траектории полета и поперечные смещения (болтанку, wobbling).

При известной скорости движения метеороида можно определить частоты колебаний блеска и болтанки. Колебания блеска связаны с движением метеорного тела в атмосфере с меняющейся плотностью, а болтанка связана с эффектом Магнуса [6, 7], заставляющим вращающееся метеорное тело двигаться по спиральной траектории в набегающем потоке воздуха. На рис. 4 показана кривая колебаний блеска вдоль траектории полета. Сырые данные (светлая кривая) и аппроксимация значимыми гармониками в преобразовании Фурье (красная кривая) дают



Рис. 1



Рис. 2

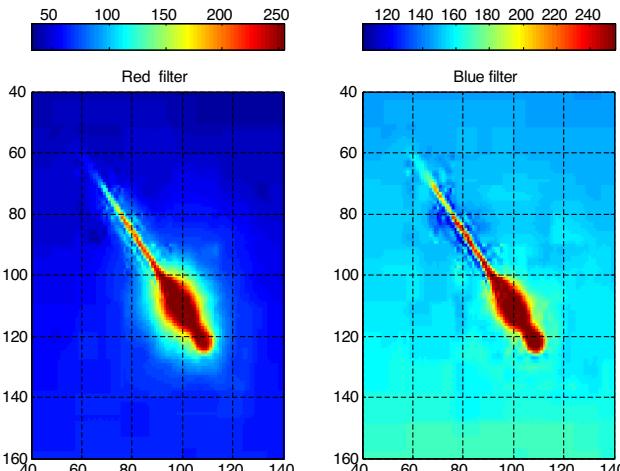


Рис. 3

значения частоты колебаний блеска 14,3 Гц в проекции траектории на фронтальную плоскость. Частота колебаний трансверсальных смещений (болтанки) составляет 6,7 Гц (рис. 5). Из теории траектории движения тела с гиперзвуковой скоростью в атмосфере с меняющейся плотностью следует, что уравнения движения содержат такие неизвестные: размер и масса тела, скорости его движения и вращения, плотность атмосферы. Скорость центробежного разрушения метеоридного тела минерального состава связана с модулем упругости Юнга; и это значение равно скорости вращения на его поверхности  $\approx 3$  км/с. Плотность атмосферного воздуха зависит от вычисленной высоты траектории (10–12 км в месте подрыва, и здесь она известна), а плотность метеоров минерального состава — около  $5$  г/см<sup>3</sup>. Остается скорость движения и размер метеора. Для определения размера и скорости движения тела мы имеем два уравнения движения: по тангенциальной и трансверсальной координате. Такая задача может быть решена при известных частотах колебаний блеска и болтанки метеора. Поскольку метеор наблюдали в Хорватии

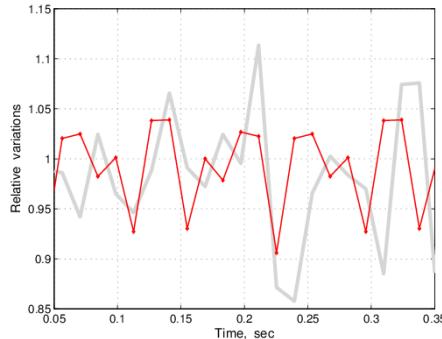


Рис. 4

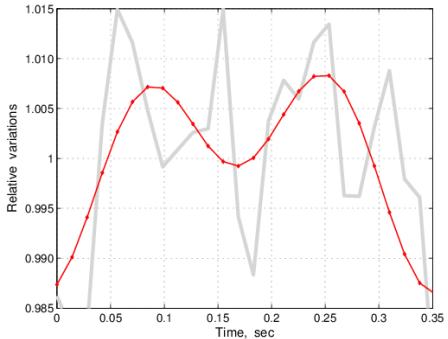


Рис. 5

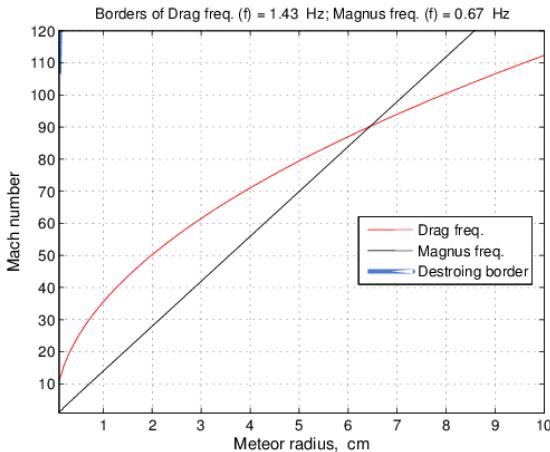


Рис. 6

(Карловац) и Италии (Фано), то это дает возможность корректировать частоты указанных колебаний. Поэтому частоты колебаний блеска и болтанки составляют 1,43 и 0,67 Гц. На рис. 6 видно решение системы уравнений движения для частот колебаний блеска и болтанки в зависимости от скорости движения (числа Маха) и радиуса метеора (в предположении сферической формы). Решение системы уравнений в точке пересечения двух кривых дает такие параметры для Хорватского болида: радиус — 6,45 см, скорость — 29,2 км/сек (число Маха = 90), масса — 5,62 кг, высота траектории в точке расчета — 10 км.

1. <https://glavcom.ua/news/u-nebi-nad-horvatijeyu-vibuhnuv-meteorit-video-662488.html>
2. Steklov E.A., et al. (2017) 48 LPSC, LPI Co 1964, id.1327.
3. Жиляев Б.Е. и др. // XXII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Київ, 2020). — С.28.
4. Жиляев Б.Е. и др. // XXII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Київ, 2020). — С.24.

5. Жиляев Б.Е. и др. // ХХII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Київ, 2020). — С.20.
6. Жиляев Б.Е. и др. // ХХII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Київ, 2020). — С.26.
7. Жиляев Б.Е. и др. // ХХII Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених” (Київ, 2020). — С.22.

## **Захожай В.А. та дослідження екзопланет в Україні**

*Захожай О.В.*

Головна астрономічна обсерваторія НАН України

Дослідження екзопланет є відносно новим напрямом сучасної астрономії. У світі дослідження цієї тематики активно розвивається на протязі останніх 35 років, після отримання перших спостережних підтвердень існування протопланетних дисків  $\beta$  Живописця та Веги у 1984 р. та відкриття першої екзопланети навколо сонцеподібної зорі Пегаса 51 у 1995 р. У моїй доповіді я розповім про дослідження, які проводилися в Україні за цією тематикою, та про особистий внесок у розвиток цих досліджень Захожая Володимира Анатолійовича. Особливу увагу буде приділено дослідженням формування екзопланет навколо зір та субзір та їх спостережним проявам.

## **Геомеханічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині: астрофізичний аспект**

*Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й.*

Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II

Важливим етапом дослідження ризику прояву сейсмічності в сейсмонебезпечних регіонах є дослідження зв'язку геофізичних полів із сейсмотектонічними процесами в регіоні. Закарпатський внутрішній прогин характерний інтенсивними горизонтальними рухами кори та пеперіодичними проявом місцевих землетрусів. Частота виникнення землетрусів в Карпатському геодинамічному полігоні становить 2–6 відчуттіх місцевих землетрусів в рік. Актуальність геофізичних досліджень зумовлена тим, що поряд із вивченням будови земної кори та геологічних процесів, необхідно врахувати, що останні сильні відчутні землетруси відбулися в липні 2015 року. Встановлено, що рухи кори та сейсмічність регіону супроводжуються відгуками геофізичних полів. На основі результатів спостережень геодинаміки регіону, сейсмічності та моніторингу геофізичних полів отримано важливі результати про сейсмотектонічні процеси в сейсмонебезпечних районах [1, 2]. На результати моніторингу геофізичних полів впливають певні фактори: метеорологічні, гідрологічні, аерофізичні та астрофізичні. Астрофізичні фактори впливу на геологічні процеси досліджуються в плані їх зв'язку із

рухами кори та проявом сейсмічності. Досліжується вплив фаз Місяця на час розрядки напруженого-деформованого стану порід. Вивчаються зв'язки астрофізичних параметрів із сучасними рухами кори, сейсмічним станом регіону. Метою дослідження є вивчення вкладу астрофізичних параметрів в протікання сейсмотектонічних процесів в регіоні. Об'єктом дослідження є сейсмотектонічні процеси в регіоні та варіації астрофізичних параметрів. Предметом дослідження є зв'язки астрофізичних та геофізичних параметрів. Методика дослідження включає в себе: вивчення сучасних горизонтальних рухів в регіоні, просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності, фази Місяця, сонячної активності, даних про місячні та сонячні затемнення, рухи небесних тіл. При вивченні впливу сонячної активності та фаз Місяця на характер геодинамічного стану регіону та активізації місцевої сейсмічності використано дані з Інтернет-ресурсів. Дані про рухи кори отримано з Пункту деформометричних спостережень в смт. Королево (Закарпатська область, Виноградівський район) та режимної геофізичної станції "Тросник" Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Застосовано розрахунок кінематичних параметрів при дослідженні рухів кори. Відмічено зв'язок фаз Місяця та сейсмічного стану регіону: значна частина землетрусів відбувається при Новому та Повному Місяці. Показано часовий розподіл місцевої сейсмічності відносно часу доби, що підтверджує вплив Місяця на розрядку геомеханічної енергії в регіоні. Представлено зв'язок сонячної активності та рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому: інтервали сонячної активності та геодинамічного стану корелують між собою. В 2019 році на території Закарпатського внутрішнього прогину відмічено 116 місцевих землетруси, відчутних землетруси не відмічено. Максимуми сейсмічної активності в 2019 році випереджують максимуми сейсмічної активності за 2018 рік на 2 місяці. Результати дослідження важливі при вивченні процесів накопичення геомеханічної енергії в регіоні та факторів, що зумовлюють прискорення або гальмування зміщення земної кори, що безпосередньо впливають сейсмічність регіону.

1. Ігнатішин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин А.В. Астрофізичний аспект сейсмотектонічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині // Intern. independent scientific journal. — 2019. — № 9. — Р.3-15.
2. Ігнатішин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин А.В. Ігнатішин В.В. (мол.) Геофізичні поля в Закарпатському внутрішньому прогині: геодинамічний аспект // Topical issues of the development of modern science. Abstracts of the 4th International scientific and practical conference. — Publishing House "ACCENT", Sofia, Bulgaria, 2019. — Р.14-24. URL: <http://sci-conf.com.ua>

# **Зв'язок аерофізичного стану із геомеханічним станом геологічних структур Закарпаття за 2019 рік**

*Iгнатишин А.В. Ігнатишин В.В., Ігнатишин В.В. (мол.)*

Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики  
ім. С.І. Субботіна НАН України

Дослідження факторів впливу на результати вимірювання параметрів геодинамічного стану за минулі роки відмітило особливості зв'язку варіацій параметрів атмосфери: температури повітря, атмосферного тиску, атмосферних опадів, швидкості атмосферних потоків, напрямків вітру, вологості та сейсмотектонічних процесів на геологічних структурах Закарпаття [1]. Було виявлено інтервали часу, які характеризуються аномальними амплітудами аерофізичних параметрів та підвищеною сейсмічністю в регіоні, інтенсивними рухами кори в 2019 році, які представлені розширеннями кори величиною  $+6,4 \cdot 10^{-7}$ . За 2019 рік на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано більше сотні місцевих землетрусів. Виявлені особливості аномалій аерофізичних параметрів в періоди аномальних сучасних горизонтальних рухів кори та проявів активізації місцевої сейсмічності були характерні для періодів відчутних землетрусів. Необхідність дослідження варіацій параметрів атмосферного повітря та їх зв'язків із сейсмічністю, зокрема слабких місцевих землетрусів, їх особливостей викликана підвищеннем сейсмічної активності в регіоні. Дослідження геофізичних полів відмітили зв'язок сейсмотектонічних процесів в регіоні із змінами параметрів досліджуваних полів — магнітного поля Землі, радіоактивного фону та електромагнітної емісії [2].

Мета роботи — вивчення геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину, моніторинг геофізичних полів. Об'єкт дослідження — сейсмотектонічні процеси в регіоні, їх зв'язки із факторами-зavadами. Предмет дослідження — вплив аерофізичних параметрів на рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та прояви місцевої сейсмічності. Для цього було вивчено просторово-часовий розподіл параметрів метеорологічного стану — швидкості вітру, напрямків вітру, варіацію поривів вітру, температури повітря на висоті 9 м.

В роботі проведено аналіз результатів метеорологічних та геофізичних спостережень в Закарпатському внутрішньому прогині за 2012–2019 роки. Згідно методики досліджень проведено вивчення просторово-часового розподілу швидкостей вітру в зоні Оашського глибинного розлому, розраховано зміщення гірських порід на Пункті деформографічних спостережень в смт. Королеве. Оброблено сейсмологічні спостереження в Закарпатті та представлено просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності. Проведено аналіз рядів спостережень на предмет взаємозв'язку геофізичних полів, зокрема впливу аерофізичних параметрів на геодинаміку регіону та прояв сейсмічності. Вплив аero-

фізичних параметрів на геомеханічні процеси в регіонах недостатньо вивчений і тому дослідження в цьому напрямку необхідні для вивчення вкладу аерофізичних полів в динаміку рухів кори, сейсмічної активності поряд із гідрологічним аспектом та астрофізичними параметрами. Відмічено кореляцію рядів спостережень геофізичних параметрів: підвищення величини кінематики повітряних потоків супроводжується відповідно стисненнями порід. Амплітуда векторів швидкості зв'язана відповідно із величиною стиснення порід земної кори. Можливий акумулюючий ефект дії вітрів на поверхню земної кори, який завершується проявом слабкої сейсмічності в регіоні. Актуально розширення географії аерофізичних досліджень в регіоні.

1. Ігнатішин В.В., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин В.В. Метеорологічні аспекти геодинамічного стану геологічних структур Закарпаття // Регіон-2018. Суспільно-географічні аспекти: матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців (Харків, 3–4 квітня 2018 р.). — Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2018. — С.191.
2. Ігнатішин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатішин А.В., Ігнатішин М.Б. Моніторинг геофізичних полів та сейсмічність Закарпаття // Матеріали XXIV Міжнародна науково-практична конференція “Інформаційні технології в економіці, менеджменті і бізнесі. Проблеми науки, практики та освіти” (Київ, 20 листопада 2018 р.). — К.: Вид-во Європейського університету, 2018. — С.49–52.

## **Гідрологічні фактори впливу на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину**

*Ігнатішин А.В., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин В.В.*

Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики  
ім. С.І. Субботіна НАН України

Закарпаття — регіон України, який останнім часом потерпає від різного роду екологічних негараздів — паводків, зсуvin. Геофізичні спостереження дали можливість відмітити вплив гідрогеологічних параметрів на сейсмотектонічні процеси в Закарпатті. В результаті моніторингу гідрологічного та геодинамічного стану регіону було відмічено ряд важливих особливостей та висновків для розуміння геологічних процесів регіону [1, 2]. В 2019 році на території Закарпатського внутрішнього прогину проводилися дослідження метеорологічного стану. Попередні геофізичні спостереження відмітили гідрологічний аспект сейсмотектонічних процесів: підвищення величини кінематичних параметрів сучасних горизонтальних рухів кори, викликане інтенсивними атмосферними опадами. При достатньо накопиченій енергії геомеханічних процесів в земній корі, висока вода, викликана інтенсивними атмосферними опадами, може спровокувати розрядку напруженого-деформованого стану порід. В цей період можуть відбутися місцеві землетруси, зокрема, відчутні землетруси. На території Закарпатського внутрішнього прогину з середини 2015 року не зареєстровано жодного місцевого відчутного

землетрусу. Сейсмічними станціями Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна за 2019 рік зареєстровано 116 місцевих поштовхів, не відмічено жодного відчутного землетрусу. Досліджується геодинамічний стан регіону через вивчення сучасних горизонтальних рухів на Пункті деформографічних спостережень “Королеве” Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. За 2019 рік в зоні Оашського глибинного розлому відмічено розширення по-рід величиною  $+6,4 \cdot 10^{-7}$ . Методика вивчення гідрологічного аспекту місцевої сейсмічності включає в себе: вивчення рухів кори, дослідження просторово-часового розподілу сейсмічності, розподілу атмосферних опадів, рівня води в свердловинах. Досліджуються зв’язки гідрологічного стану середовища та геодинаміки регіону та прояв місцевої сейсмічності. Аналіз проводиться в місячному інтервалі для вивчення локальних змін в геофізичних полях до і після землетрусу.

Метою роботи є вивчення зв’язку гідрологічного стану регіону та сейсмотектонічних процесів в геологічних структурах Закарпаття. Об’єкт дослідження — сейсмотектонічні процеси в регіоні, їх підготовка та протікання. Предмет дослідження — гідрогеологічні фактори впливу на результати спостережень геодинамічного стану: атмосферні опади, рівень води в річках Закарпаття та наукових свердловинах. Для вирішення поставлених задач використано результати спостережень Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, використано метод кінематичних характеристик сучасних рухів в зоні Оашського глибинного розлому (швидкості та прискорення рухів). В центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину в 2019 році зареєстровано атмосферні опади величиною 558 мм. Ця величина вдвічі менша за результати, отримані 2010 році. Зроблено висновки щодо протікання сейсмотектонічних процесів в регіоні та впливу на них гідрологічних факторів, підтверджено гідрологічний аспект сейсмотектонічного стану. Інтенсивні опади викликають інтенсивні рухи кори — розширення та стиснення локального характеру, які супроводжуються реєстрацією землетрусів.

1. Ігнатішин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин А.В. Метеорологічні аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину // Науковий вісник Херсонського Державного Університету. Серія “Географічні науки”. — 2019. — № 10. — С.137–145.
2. Ігнатішин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин А.В. Особливості сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічна активність // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії». — Переяслав Хмельницький, 2019 р. — С.23–26.

# **Радіоактивний фон регіону та його зв'язок з динамікою горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2019 рік**

*Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Вербицький С.Т.*

Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики  
ім. С.І. Субботіна НАН України

Закарпатський глибинний розлом представлений проявом місцевої сейсмічності, що виражається великою кількістю слабких місцевих землетрусів. Слід відмітити періодичність сейсмічності Закарпаття: 2–6 відчутних місцевих землетруси протягом року. Останні відчутні місцеві землетруси були зареєстровані в Тячівському районі Закарпатської області 19 липня 2015 року. За наступний період до 2019 року відчутних не землетрусів на території Закарпатського внутрішнього прогину не зареєстровано. Актуальність моніторингу геофізичних полів полягає в зростанні ймовірності підвищення місцевої сейсмічності, в тому числі і відчутних сильних поштовхів. Геомеханічні рухи земної кори приводять до зміни структури порід земної кори, відповідно до зміни їх фізичних характеристик, що проявляються у аномальних варіаціях параметрів геофізичних полів. Дослідження геофізичних полів важливе для вивчення структури земної кори та її властивостей, процесів підготовки та прояву вивільнення сейсмічної енергії.

Протягом тривалого періоду на території створеного Карпатського геодинамічного полігона проводилися наукові дослідження за результатами моніторингу геофізичних полів за результатами яких відмічені важливі висновки відносно геофізичних процесів в регіоні [1, 2]. На території Закарпаття організовано режимні геофізичні спостереження Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Відділом сейсмічності Карпатського регіону та Карпатським відділенням через мережу геофізичних станцій. Мета роботи — дослідження сейсмотектонічних процесів в регіоні та їх зв'язків із варіаціями параметрів геофізичних полів. Об'єкт дослідження — сучасні горизонтальні рухи кори, сейсмічність регіону, геофізичні поля. Предмет дослідження — варіації параметрів радіоактивного фону, динаміка рухів кори, зв'язки геофізичних полів та геологічних процесів в регіоні. Методика дослідження: спостереження радіоактивного фону середовища, сучасних горизонтальних рухів кори, представлення просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності, вивчення зв'язків варіацій радіоактивного фону та сейсмотектонічних процесів в регіоні. В роботі проведено вивчення зв'язку радіоактивного фону в регіоні та геодинамічного стану регіону за 2011–2019 роки. За результатами досліджень фізичних параметрів відмічено особливості геофізичних полів: сучасні горизонтальні рухи земної кори в Закарпатському внутрішньому прогині характерні періодичністю, загальний характер рухів в зоні Оашського глибинного розлому, вимі-

ряних за допомогою горизонтального кварцового деформометра на Пункті деформографічних спостережень “Королево” за 2011–2019 роки, є розширення порід в напрямку схід–захід; сучасні горизонтальні рухи в зоні Оашського глибинного розлому за 2019 рік представляють собою розширення порід величиною  $+6,4 \cdot 10^{-7}$ ; сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину за 2019 рік представлена 116 місцевими землетрусами, проте за тривалий період починаючи із 2015 року не відмічено жодного відчутного місцевого землетрусу; активність сейсмічного стану проявлена в періоди інтенсивних рухів земної кори та аномальних величин  $\beta$ -випромінювання радіоактивного фону середовища.

1. Ігнатішин В.В., Вербицький С.Т., Іжак Т.Й., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин А.В. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та їх зв'язок із електромагнітною емісією // Матеріали XI Міжнародної наукової конференції «Science progress in European countries: new concepts and modern solutions» (м. Штутгарт, Німеччина, 20 грудня 2019 р.). — С.85–97.
2. Ігнатішин В.В., Вербицький С.Т., Ігнатішин М.Б., Ігнатішин А.В. Іжак Т.Й. Варіації параметрів магнітного поля Землі та геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. — Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2020. — P.695–706. URL: <http://sci-conf.com.ua>

## **Прояв ефекту Лідов–Козая при злитті системи потрійних надмасивних чорних дір в галактиці NGC 6240**

*Іщенко М.В., Соболенко М.О., Берцук П.П.*

Головна астрономічна обсерваторія НАН України

Робота присвячена дослідженню процесу еволюції злиття активних ядер галактики NGC 6240 за допомогою чисельного  $N$ -тільного моделювання. NGC 6240 — це добре вивчена сусідня галактична система, що перебуває на стадії злиття. На основі оптичних, рентгенівських та радіоспостережень встановлено, що ця галактична система містить у собі два активні ядра, з двома надмасивними чорними дірами, що знаходяться на відстані одна від одної приблизно на 900 парсек [5]. Проте у 2019 році групою авторів на чолі з В. Коллацчним за допомогою спектроскопу «MUSE» з використанням системи адаптивної оптики «GALACSI», що встановлено на комплексі «VLT», було визначено, що одне з активних ядер складається з системи подвійних надмасивних чорних дір. Одна з них є активним інфрачервоним джерелом, інша — пасивна. Відстань між об'єктами складає 198 парсеків. Просторові характеристики усіх трьох компонентів зібрано та скомпільовано за даними статей [1–5] і наведено у табл. 1.

**Табл. 1.** Просторові характеристики потрійної системи АЯГ у NGC6240

	Північна N компонента	Південна S1 компонента	Південна S2 компонента	Середовище між компонентами
ЧД, $M_{\odot}$	$3,6 \cdot 10^8$	$7,1 \cdot 10^8$	$9 \cdot 10^7$	—
$\ast, M_{\odot}$	$2,5 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^9$
$R^*, \text{pc}$	250	250	100	85

\* — зоряна компонента

**Табл. 2.** Результати моделювання з формування чи не формування ієархічних потрійних систем надмасивних чорних дір

	Чисельна модель		
	$N = 67.5k$	$N = 135k$	$N = 270k$
Час утворення зв'язаної системи S1+S2	8 NB		
Час утворення зв'язаної системи (S1+S2)+N	50 NB		
Кількість систем, які не утворюють ієархічної потрійної системи	1	1	1
Кількість систем з проявом ефекту Лідова–Козая	3 з 5**	4 з 5	4 з 5

Моделювання еволюції системи потрійних чорних дір у тісному зоряному середовищі було проведено на основі наявних спостережних даних за допомогою чисельного моделювання з використанням добре відомого в світі динамічного  $N$ -тільного  $\varphi$ -GPU коду з використанням Херміт-інтегратору четвертого порядку. На основі фізичних даних з табл. 1 було побудовано три чисельних моделей з  $N = 67,5, 135$  та 270 тисяч частинок. Для кожної чисельної моделі було побудовано п'ять різних наборів рандомізації. Запуски виконувались на нодах з графічними прискорювачами типу GTX Nvidia, що знаходяться в ГАО (Україна), NAOC (Китай) та JUWELS (Німеччина). В табл. 2 представлено результати формування/чи не формування ієархічних потрійних систем надмасивних чорних дір. Оскільки при моделюванні не використовувались пост ньютонівські сили, то в такому випадку ми можемо говорити не про фізичне злиття чорних дір, а про утворення чи не утворення стійкої зв'язаної системи. Для більшості з чисельних моделей та рандомізацій було отримано прояв ефекту Лідова–Козая.

1. Komossa S., Burwitz V., Hasinger G., Predehl P., Kastra, J.S., Ikebe Y. Discovery of a Binary Active Galactic Nucleus in the Ultraluminous Infrared Galaxy NGC 6240 Using Chandra // The Astrophysical Journal. — 2003. — Vol. 582, Issue 1. — P.L15–L19.
2. Tecza M., Genzel R., Tacconi L.J., Anders S., Tacconi-Garman L.E., Thatte N.

- Stellar Dynamics and the Implications on the Merger Evolution in NGC 6240 // The Astrophysical Journal. — 2000. — Vol. 537. — P.178–190.
3. Tacconi L.J., Genzel R., Tecza M., Gallimore J.F., Downes N.Z. Scoville asdynamics in the Luminous Merger NGC 6240 // The Astrophysical Journal. — 1999. — Vol. 524. — P.732–745.
  4. Engel H., Davies R.I., Genzel R., Tacconi L.J., Hicks E.K.S., Sturm E., Naab T., Johansson P.H., Karl S.J., Max C.E., Medling A., van der Werf P.P. NGC 6240: merger-induced star formation and gas dynamics // Astronomy and Astrophysics. — 2010. — Vol. 524. — id. A56.
  5. Medling A.M., Ammons M.S., Max C.E., Davies R.I., Engel H., Canalizo G. Mass of the Southern Black Hole in NGC 6240 from Laser Guide Star Adaptive Optics // The Astrophysical Journal. — 2011. — Vol. 743, Issue 1. — article id. 32, 10 p.
  6. Kollatschny W., Weilbacher P.M., Ochmann M.W., Chelouche D., Monreal-Ibero A., Bacon R., Contini T. NGC 6240: A triple nucleus system in the advanced or final state of merging // Astronomy and Astrophysics. — 2020. — Vol. 633. — id. A79.

## **Антропогенні трансформації Скибових Карпат в межах Турківського району**

Максютов А.О.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Скибові Карпати — один з унікальних за природніми особливостями регіонів Українських Карпат, надзвичайно перспективний для використання з рекреаційною метою. Домінують складчасто-насувні середньогір'я і низькогір'я, які сформувалися на Скибовому покриві. У рельєфі Скибових Карпат чітко простежується приуроченість гірських хребтів до окремих скиб або їхніх частин. Головні орографічні елементи збігаються зі структурними і виділяють їхню поздовжню зональність “північний захід — південний схід” [2, С.59].

В межах Турківщини розташовані райони Верхньодністерських Бескидів, які займають північно-західну частину Скибових Карпат. Північно-східна межа проходить від кордону з Польщею до долини р. Стрий уздовж орографічного уступу з Передкарпаттям. На південному заході він межує із Стрийсько-Сянською верховиною, долиною р. Стрий. Для району характерний низькогірний рельєф із порівняно м'якими обрисами й абсолютною висотами 600–800 м. Низькогірні хребти відповідають системі берегових лусок, рельєф має м'які обриси. Місцями нагадує хвилясту місцевість з дуже похилими схилами [3, С.286].

В геологічній будові території беруть участь крейдово-палеогенові флішові утворення, представлені ритмічним перешаруванням аргілітів, пісковиків, алевролітів, мергелів. Крейдові відклади представлені зеленкувато і світло-сірими вапняками та сірими аргілітами та пісковиками.

На крейдових відкладах залягають нерозчленовані палеоцени — еоценові відклади, представлені монотонною товщею і середньо ритмічного флішу аргілітів і пісковиків, рідше вапняків.

Для Скибової зони Карпат є характерною підвищена селенебезпека, широке розповсюдження обвально-осипних процесів (спричинених антропогенною діяльністю), значне розповсюдження зсуvin течії і ковзання. На схилах долин водотоків широко розвинені прируслові обвали, крупні скельні відслонення корінних порід. Знижена денудаційна стабільність корінної основи, низькі фільтраційні властивості глинистих грантів зумовлюють інтенсивний площинний змив і ярову ерозію на схилах [1, С.232].

Досліджувана територія зазнала великого антропогенного впливу, великих міст не має, найбільшим антропогенним об'єктом являється Турківський щебеневий кар'єр, який почали розробляти в 50-х роках ХХ століття. Кар'єр складається з двох частин овальної форми, розташованих на різних висотних рівнях, незамкнений, зовнішньою стороною відкривається до оточуючої території. Кожна частина містить такі морфологічні елементи: днища, борти (схили) у вигляді обривистих уступів і брівки борту, звідки кар'єр безпосередньо і починається. Кар'єр знаходиться в гірській місцевості за містом, тому для нього проکлали дорогу та побудували низку споруд для зберігання продукції. У межах кар'єра спостерігаються різноманітні денудаційно-акумулятивні процеси. Найбільш характерними з них є невеликі зсуви у покривних породах, обвали та осипи на бортах, конуси осипання та обвалення скельних порід на днищі біля підніжжя бортів кар'єра, а також на поверхні кар'єрних терас.

Внаслідок введення в експлуатацію у 1962 р. на р. Стрий Явірської ГЕС зазнало змін русло річки. ГЕС відноситься до русового типу використання води, при цьому відбувається часте затоплення долини річки та прилеглих територій у зв'язку з паводками, частими необґрунтованими скидами води, або, навпаки, несвоєчасним пропуском шуги та мокрого снігу через греблю з водоховища. Діяльність ГЕС несе локальні екологічні проблеми, в деяких частинах водоховища знаходиться значний об'єм побутових відходів, відсутність рибо-прохідних пристройів, що унеможливлює доступ рибних біоресурсів до місць нерестилищ. Руслу річки в даній ділянці переважно плоскодонне, алювіальні відклади представлені валунами та галечниками, а в прибережній частині — суглинками, на лівому березі активно розвивається бічна еrozія [4, С.114].

Також рельєф зазнав трансформації у зв'язку з будівництвом транспортної інфраструктури району, а саме будівництва автомобільних та залізничних доріг. Через Скибову частину району проходять залізнична колія напряму Львів–Сянки протяжністю близько 14 км. Прокладена на насипах, для неї побудовані два мости через р. Стрий та два залізни-

чні тунелі. Також через дану місцевість проходить дорога державного значення Н-13 Львів–Ужгород. Значна частина полотна прокладена на насипах і у виїмках. Вздовж дороги створені антропогенні яри. Явно виражені зміни рельєфу місцевості можна побачити на ділянці дороги протяжністю близько 400 м за 2 км до в'їзду в місто Турка. Для прокладення дороги на даній ділянці були проведені роботи по врізанню у схил, що може спричинити негативні геоморфологічні процеси на даному схилі (осипання, зсування, площинний змив).

1. Кравчук Я.С. Геоморфологія Скибових Карпат. — Львів: Видав. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2005. — 232 с.
2. Круглов І.С. Делімітація, метризація та класифікація морфогенних екорегіонів Українських Карпат // Укр. геогр. журнал. — 2008. — № 3. — С.59–68.
3. Мельник А.В. Українські Карпати: еколо-ландшафтознавче дослідження. — Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1999. — 286 с.
4. Міллер Г.П., Федірко О.М. Карпати Українські // Географічна енциклопедія України: у 3-х т. — К.: УРЕ, 1989. — Т. 2. — С.113–114.

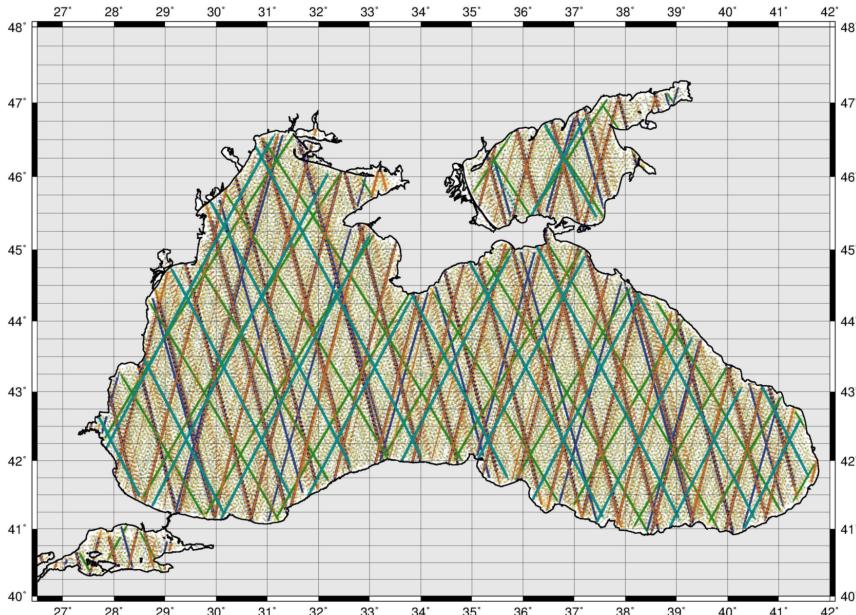
## **Результати попередньої обробки 9 альтиметричних місяцій на інтервалі 15 років**

*Марченко О.М., Острозвський А.В.*

Національний університет “Львівська політехніка”

Завдяки швидко зростаючим світовим базам даних альтиметрії, а також значному збільшенню їх кількості та якості, проблема побудови багатошарової океанічної топографії (залежно від часу / незалежно від часу) на основі цього типу даних була оцінена як одна з найбільш важливих. Представлене дослідження охоплює різні підходи до обчислення середньої висоти морської поверхні та регіонального геоїду з обраних 9 місяцій альтиметрії на основі CorSSH (Corrected Sea Surface Heights), включаючи геодезичні та океанографічні набори даних.

Використовувані початкові набори даних показані на рис. 1: ERS-1 (40 485 спостережень), ERS-2 (162 609 вимірювань), TOPEX / POSEIDON (233 730 об.), GFO (128 397 об.), ENVISAT (193 189 об.), JASON-1 (267 640 вимірювань), JASON-2 (206 393 obs), SARAL-ALTIKA (98 864 obs), HaiYang-2A (44 051 obs). Обговорюється ефективність та якість етапу попередньої обробки у вигляді регулярної сітки  $1' \times 1,5''$ , побудованої з нерегулярних даних на основі вищезазначених місяцій альтиметрії, проілюстрованих на рис. 1. Отже, загальний набір спостережень складається з 1 375 358 нерегулярної точки, що в 2–3 рази більше, ніж у попередніх рішеннях. Слід зазначити, що перетворення з нерегулярної в регулярну сітку Mean Sea Surface Heights дозволяє зменшити кількість регулярних точок із середнім значенням CorSSH до 299 322 для випадку  $1' \times 1,5''$ .



**Рис. 1.** ERS-1, ERS-2, TOPEX/POSEIDON, GFO, ENVISAT, JASON-1, JASON-2, SARAL-ALTIKA, HaiYang-2A супутників траєкторії в Чорноморському регіоні

## Профиль линии $\text{H}\alpha$ в спектре сверхгиганта HD 208501 (B8 Ib)

Масимова А.В.

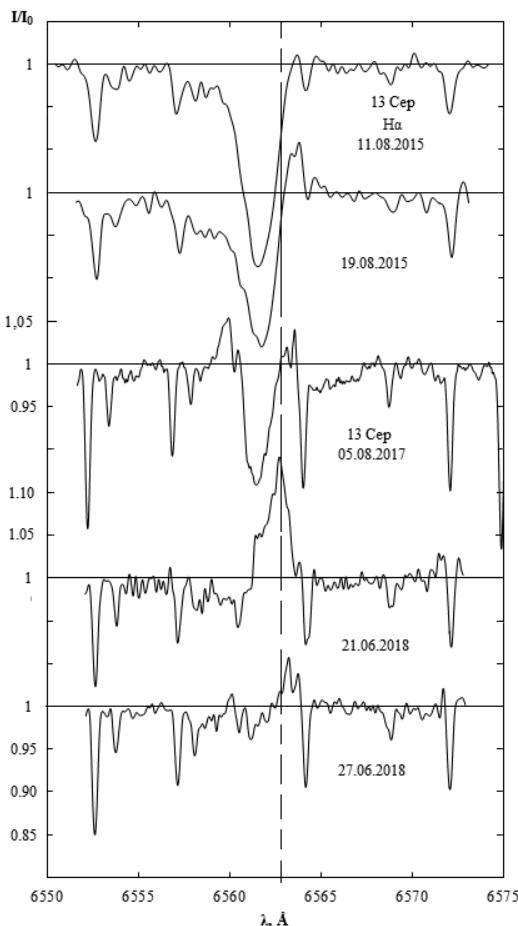
Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана

Сверхгигант HD208501=13Сер=HR8371, спектральный класс B8 Ib,  $m_v = 5,80^m$  [1]. Звезда расположена на галактической широте  $b = +1,68^\circ$ , галактической долготе  $l = 100,39^\circ$ , расстояние до звезды 700 пк [2]. Если использовать значение параллакса, определенного в 2018 г. [1], ( $\pi = 0,9767''$ ,  $r = 1024$  пк, базы астрономических данных SIMBAD), то абсолютная звездная величина этой звезды будет  $M_v = -4,25$ . Данная звезда относится к эруптивным объектам с нерегулярной переменностью, что объясняется изменчивостью её размера во времени. В течение периода блеск 13 Сер колеблется от 5,935 до 5,865. Атмосферные параметры звезды оцениваются разными авторами в диапазоне  $T_{\text{eff}} = (13000...17000)$  K,  $\log g = (1,8...2,8)$ . По данным Leitherer [3] физические параметры относительно Солнца:  $-\log L / \log L_\odot = 4,62$ ,  $M/M_\odot = 10$ ,  $R/R_\odot = 54$ ,  $\log [(M/M_\odot) \text{ уг}^{-1}] = -7,35$ . Расстояние от галактической плоскости  $z = 20$  пк [4].

Спектральные наблюдения звезды HD208501 были выполнены в кассегреновском фокусе 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана с приме-

нением эшелле-спектрометра, собранного на базе спектрографа UAGS. В качестве приемника излучения был использован фибрэ эшелле спектрометр в комбинации с ПЗС с элементами  $4000 \times 4000$ , с разрешением  $R = 28\,000$  и  $56\,000$ .

На рис. 1 приведены выбранные профили линии  $\text{H}\alpha$ . Были измерены эквивалентные ширины, лучевые скорости и остаточные интенсивности  $r(I/I_0)$  линии  $\text{H}\alpha$ .



**Рис. 1.** Выбранные профили линии  $\text{H}\alpha$  в спектре сверхгиганта HD 208501

Сравнительное исследование абсорбционного и эмиссионного компонента профилей линий  $\text{H}\alpha$  в спектре сверхгигантов HD 208501 на основе полученных нами спектров в 2013–2019 г. выявили, что значения параметров, формы и структуры профиля линии  $\text{H}\alpha$  являются более изменчивыми и наблюдаются в следующих формах (рис. 1):

- 1) профиль полного поглощения;

- 2) нормальный Р Cyg профиль;
- 3) в красном и фиолетовом крыльях профилей абсорбции линий Нα имеют слабый компонент излучения;
- 4) инверсионный Р Cyg профиль;
- 5) профиль полного излучения;
- 6) профиль, ослабления интенсивности абсорбционного и эмиссионного компонента до уровня непрерывного спектра.

Предполагается, что изменение профилей линий Нα, изменение значений лучевых скоростей абсорбционного и эмиссионного компонента линий Нα может быть обусловлено пульсацией звезды и взаимодействием звезды с окружающей её оболочкой.

1. Базы астрономических данных SIMBAD, 2019 г.
2. *Pan K., Federman S.R., Cunha K., Smith V.V., Welty D.E.* Cloud Structure and Physical Conditions in Star-forming Regions from Optical Observations. I. Data and Component Structure // The Astrophysical Journal Supplement Series. — 2004. — Vol. 151. — P.313–343.
3. *Leitherer C.* H-alpha as a tracer of mass loss from OB stars // Astrophysical Journal. — 1988. — Vol. 326. — P.356–367.
4. *Dickman R.L., Somerville W.B., Whittet D.C.B., McNally D., Blades J.C.* Abundances of carbon-bearing diatomic molecules in diffuse interstellar clouds // Astrophysical Journal Supplement Series. — 1983. — Vol. 53. — P.55–72.

## **Распределение годов по дням недели в календарном солнечном цикле**

*Михальчук В.В.*

Астрономическая обсерватория Одесского национального университета

Национальный университет «Одесская морская академия»

Рассмотрен солнечный цикл продолжительностью 28 лет, через который полностью повторяется распределение дней недели по числам всех месяцев года [1, 3]. В работе [2] 28-летний юлианский период разделен на 7 юлианских четырехлетий и показано, что в юлианском календаре существуют меньшие периоды полной повторяемости дней недели в году, равные 6 и 11 лет. Данная работа посвящена нахождению закономерности распределения годов по дням недели внутри солнечного цикла и порядка чередования годов юлианских четырехлетий, в которых происходит полная повторяемость дней недели.

Для оценки распределения годов по дням недели внутри солнечного цикла использовалась дата первого воскресенья года. Анализ полученного распределения показал наличие закономерности чередования как високосных, так и простых годов во всех юлианских четырехлетиях. Установлен порядок изменения нумерации простых годов юлианского четырехлетия, в которых происходит полное повторение всех дней недели:

- 1 год после високосного становится 3 годом;
- 2 год после високосного становится 1 годом;
- 3 год после високосного становится 2 годом.

1. Климишин И.А. Календарь и хронология. — М.: Наука, 1990. — 480 с.
2. Михальчук В.В. Структура календарного солнечного цикла // Вісник Астрономічної школи. — 2017. — Т. 13, № 1. — С.35–39.
3. Селецников С.И. История календаря и хронология. — М.: Наука, 1977. — 224 с.

## **Особливості зв'язку сейсмічності зон Карпатського регіону України з фазами 11-річних циклів сонячної активності**

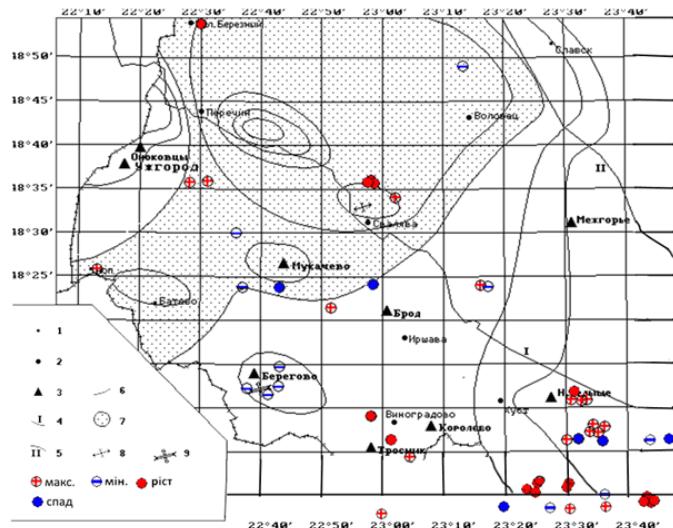
*Назаревич Л.Є, Назаревич А.В.*

Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики НАН України

Раніше у публікаціях [1, 2] нами був проведений ретроспективний аналіз варіацій кількості землетрусів з числами Вольфа і простежено зв'язок сейсмічності Карпатського регіону з варіаціями сонячної активності у 11-річному циклі. Ретроспективний аналіз ефективності прогнозування сильних землетрусів цього регіону за 4-ма фазами (росту, максимуму, спаду і мінімуму) 11-річного циклу СА показав статистичну значимість такого прогнозу, де величина ефективності для фаз максимуму склала 1,93, а для фаз мінімуму — 1,12. Результат цього дослідження можна використовувати як додатковий якісний критерій для прогнозування сильних місцевих землетрусів у Карпатському регіоні України.

В цій роботі нами досліджено ідею В. Хайнса про особливості впливу активності Сонця на сейсмічний режим територій, відмінних за геодинамічним режимом, а саме: в зонах розтягу і стиску на території Закарпаття. Аналізувались землетруси з енергією  $K \geq 7$  ( $M \geq 1,6$ ) за період 1962–2017 рр. з кінця 19-го до кінця 24-го циклів СА із зони розтягу і зони стиску в Закарпатті (див. рисунок). За методикою А. Гусєва було обчислено коефіцієнти ефективності прогнозування подій для 11-річних циклів СА окремо для зони розтягу і зони стиску. Аналіз цих даних показує, що найбільша кількість землетрусів у зоні розтягу ( $N = 32$ ) відбулася в фазі спаду сонячної активності — коефіцієнт ефективності 1,93. І навпаки, найбільша кількість землетрусів у зоні стиску відбулася у фазах росту і максимуму. Коефіцієнти прогнозування подій 1,14 для фази росту і 1,47 для фази максимуму є статистично значимими, кількість землетрусів  $N = 26$  і  $N = 41$  відповідно. Виявлено, що сейсмічний процес у цих зонах пов'язаний з сонячною активністю суттєво відмінним чином і диференційовано по енергії землетрусів. Сильніші землетруси у Закарпатті (особливо в Углянській і Виноградівській сейсмогенних зонах) відбуваються переважно у період

високої сонячної активності, в Мукачівській — переважно у фазі спаду СА, у Берегівській (зона стиску) — у фазі мінімуму (див. рисунок).



**Рис. 1.** Карта-схема просторової локалізації землетрусів Карпатського регіону в різних геодинамічно активних зонах. Позначено: 1 — селища, 2 — міста, 3 — с/станції, 4 — Закарпатський розлом, 5 — Передкарпатський розлом, 6 — зона стиску, 7 — розтягу, 8, 9 — напрям розтягу/стиску

Таким чином, сейсмічний процес в Українському Закарпатті у двох характерних зонах, які різняться за геодинамічним режимом, складним субпідрядним і строго диференційованим чином співвідноситься з сонячною активністю і виразно статистично пов’язаний з фазами СА, він відбувається в цих зонах практично у протифазі.

1. Назаревич Л.Є., Кендзера О.В., Назаревич А.В. Зв’язок землетрусів Карпатського регіону України та прилеглих територій із сонячною активністю // Геоінформатика. — 2011. — № 2. — С.61–67.
2. Казанцев А.М., Казанцева Л.В. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є. Про зв’язок землетрусів із положенням Місяця // 14th EAGE International Conference on Geoinformatics. Theoretical and Applied Aspects (May 11–14, 2015, Kyiv). — Kyiv, 2015 (CD).

## Дослідження параметрів атмосфери Землі за допомогою ГНСС технологій

Невмержицька О.А., Петруха В.Ю., Янків-Вітковська Л.М.  
Національний університет «Львівська політехніка»

Атмосфера Землі — повітряна оболонка, що простягається вгору на 3000 км від поверхні, а її сліди простежуються до висоти близько 10 000 км. Дослідження атмосфери — парафія науковців з різних галузей

зей науки. Для задач геодезії важливим є тропосферний та іоносферний шар. Важливою проблемою в геодезії є розв'язання задач координатного забезпечення, саме для цих задач потрібно знати про всі зміни параметрів тропосфери та іоносфери, як регулярні так й іррегулярні.

Для координатно-часового забезпечення в геодезії необхідно враховувати похибки впливу атмосфери, які виникають при вимірюваннях із застосуванням супутниковых технологій. На сьогодні існує два найпоширеніших методів дослідження атмосфери — прямий та непрямий. Глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) на даний час є найбільш поширеним та ефективним способом дистанційного дослідження атмосфери та мають солідні переваги над прямими спостереженнями. Останні десятиліття поширенім методом дослідження стану тропосфери та іоносфери є використання результатів ГНСС-вимірювань. Існують добре відпрацьовані методики для визначення впливу тропосфери та іоносфери на точність цих вимірювань [1, 2], однак при певних ситуаціях результати вимірювань параметрів тропосфери та параметрів іоносфери важко спрогнозувати. Тому важливою задачею є моделювання атмосферних поправок для заданого регіону, де виконуються геодезичні задачі.

У нашому дослідженні ми використовуємо дані, отримані на станції SULP. Метою нашої роботи є дослідження параметрів тропосферної затримки та параметра іоносфери — ТЕС на визначені періоди часу та короткотермінове їх прогнозування. Використовуючи отримані дані, ми можемо змоделювати ці параметри для побудови регіональної карти ТЕС та карти зміни тропосферної затримки. Отримані результати досліджень будуть потрібними для розв'язання геодезичних задач у заданому регіоні. Використавши запропоновану модель цих параметрів, ми можемо застосувати її для інших станцій із мережі ZAKPOS.

1. Савчук С.Г., Заблоцький Ф.Д. Моніторинг тропосферної водяної пари в західній транскордонній зоні України // Геодезія, картографія та аерофотознімання. — Львів, 2016. — Вип. 83. — С.21–34.
2. Янків-Bітковська Л.М. Методика усереднення даних для побудови регіональної моделі іоносфери // Геодезія, картографія і аерофотознімання. — Львів, 2014. — Вип. 79. — С.35–41.

## **Вплив додаткової негравітаційної взаємодії між динамічною темною енергією і темною матерією на еволюцію космологічних збурень**

*Неоменко Р.Г.*

Астрономічна обсерваторія Львівського національного  
університету імені Івана Франка

Розглянуто модель Всесвіту, в якій динамічна темна енергія негравітаційно взаємодіє з темною матерією (взаємодіюча темна енергія). Така модифікація найпростішої космологічної моделі, яка добре узгоджується зі спостережуваними даними ( $\Lambda$ CDM модель), обґрунтована тим,

що в рамках  $\Lambda$ CDM моделі неможливо вирішити деякі суперечності в різних способах визначення сталої Габбла. Так як взаємодіюча темна енергія дозволяє значно зменшити протиріччя у визначенні сталої Габбла, але не дає повного вирішення цієї проблеми, ця модель була узагальнена на випадок динамічної темної енергії (в цій моделі параметр рівняння стану темної енергії змінюється з часом). В такій моделі було проаналізовано вплив сили негравітаційної взаємодії на динаміку розширення Всесвіту та еволюцію космологічних збурень.

## **Дослідження зсувних процесів правобережжя Канівського водосховища**

*Орленко Т.А.*

Науковий Центр Аерокосмічних Досліджень Землі  
Інституту геологічних наук НАН України

Різноманітність неотектонічних процесів на території України обумовлена особливостями структурно-геологічної будови, геоморфологічними та гідрогеологічними характеристиками рельєфу. Кліматичні умови також відіграють значну роль у розвитку небезпечних геоморфологічних процесів [1].

Зсувні процеси мають широке розповсюдження на території України. Правобережжя Канівського водосховища є районом активного прояву гравітаційних процесів у межах долини Дніпра. Основними причинами утворення зсувів на території є значна розчленованість рельєфу, крутизна схилів, геологічна будова, тип ґрунту, лісорослинні умови. Також важливим чинником формування зсувів є антропогенна діяльність. Створення водосховища викликало зміни підпору ґрунтових вод і абразійну переробку схилу, які спровокували активізацію старих стабілізованих зсувних форм та виникнення нових. Для зменшення негативного впливу цих факторів необхідно проведення моніторингу із застосуванням даних дистанційного зондування Землі [2].

На регіональному рівні як приклад може слугувати система прогнозування зсувів у Великій Британії з розробленою потужною Національною базою даних. Також у США Геологічна служба USGS виконує Національну програму оцінки небезпеки зсувів, за якою створено цифрову mapu зсувної активності країни [3].

В процесі дослідження використано різночасові космічні дані з супутників Sentinel-1, Sentinel-2A, що були геометрично і радіометрично скориговані з використанням програмного забезпечення SNAP [5]. Це дозволяє проводити дослідження та сформувати картографічні моделі оптимальної якості. Для побудови ГІС моделі використано програмний продукт ArcGIS Online [6] та його спеціалізовані модулі.

Геологічно-географічне дослідження проведено на основі класифікації типів підстилаючої поверхні та результатів обробки пари знімків за технологією диференціальної інтерферометрії D-InSAR [4]. Супутни-

кова радарна інтерферометрія, заснована на аналізі даних радарів з синтезованою апертурою, використовується як один з активно розвинутих методів дистанційного зондування Землі. Відповідно до актуальних задач сьогодення запропоновано більш ефективні, оперативні та економічно вигідні методи їх вирішення.

Наявність густої рослинності в межах Канівського водосховища впливає на якість зворотного сигналу, викликаючи складності у використанні та сприйнятті радіолокаційних даних. Ефективним за даних умов є використання методу малих базових ліній та методу кутникових відбивачів.

Результатом виконаних робіт є створення прогнозних карт, що відображають стан регіону дослідження на основі інформації, отриманої методами ДЗЗ. Використання статистичних методів прогнозування небезпеки зсувів, таких як методи геодинамічного потенціалу, регресійний аналіз та багатовимірна статистика [3], демонструє збагачення змісту і підвищення точності геоморфологічних карт, уникнення випадковостей, які наявні при одних тільки візуальних наземних спостереженнях.

Методи супутникової радарної інтерферометрії з використанням знімків супутника Sentinel-1 є найбільш ефективними для вирішення завдань виявлення зсувних процесів та для фіксації їх активності у часі. Природокористування будь-якої форми характеризується певними екологічними наслідками, що призводять до змін довкілля й, відповідно, еколого-географічної ситуації. Проведення моніторингу стану зсувних процесів забезпечить можливість вирішення ряду питань природоохоронного напрямку.

1. Ліщенко Л.П., Пазинич Н.В., Філіпович В.Є. Супутниковий моніторинг розвитку зсувних процесів у Придніпровській зоні м. Київ // Український журнал дистанційного зондування Землі. — 2017. — № 15. — С.11–22.
2. Лялько В.І., Апостолов О.А., Єлістратова Л.О. Вплив природних та антропогенних факторів на формування небезпечних ситуацій: зсувів, паводків (на прикладі ділянки верхньої течії річки Дністер) // Український журнал дистанційного зондування Землі. — 2017. — № 15. — С.31–39.
3. Environmental Issues of National Security of Ukraine in the Face of Challenges of Modern History: monograph / Edited by G.I. Rudko, V.V. Stetsiuk. — Kyiv – Lviv – Heidelberg – Malaga – Chernivtsi: Bukrek, 2019. — 504 p.
4. Ferretti A., Prati C., Rocca F. Permanent scatterers in SAR Interferometry // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2001. — Vol. 39, No. 1. — P.8–20.
5. <https://step.esa.int/snap>
6. <https://www.arcgis.com/index.html>

## **Web-картографування забруднення поверхневих вод Львівщини**

*Согор А.Р., Голубінка Ю.І., Согор М.А.*

Національний університет «Львівська Політехніка»

На екологічний стан поверхневих вод Львівської області впливають тісно пов'язані різноманітні фактори, а саме: забруднення ґрунтів, атмосфери, зміна ландшафтної структури та техногенне перевантаження території, неефективна робота каналізаційно-очисних споруд, не винесення в натуру картографічних матеріалів прибережних захисних смуг і водоохоронних зон, а також їх недодержання, насамперед в населених пунктах, забруднення і засмічення річок побутовими та іншими відходами, трелювання лісу по потоках у гірській місцевості. Ще однією важливою проблемою, що призводить до забруднення поверхневих вод на території області, є відсутність водоохоронних зон та прибережно-захисних смуг водних об'єктів на території області. Відсутність планово-картографічних матеріалів і не визначення на місцевості меж водоохоронних зон та прибережних захисних смуг призводять до порушень земельного і водного законодавства при їх використанні. На даний час стан водних об'єктів у Львівській області знаходиться на незадовільному рівні. Основними проблемами у цій сфері є прогресуючий характер негативного впливу на екологічний стан довкілля та здоров'я людей [1].

На даний час не існує жодного картографічного матеріалу, який може візуалізувати проблему забруднення поверхневих вод Львівщини, тому головною метою цієї роботи є створення інтерактивної веб-карти забруднення поверхневих вод області. Для досягнення цієї мети нами зібрано та систематизовано геопросторові статистичні картографічні матеріали щодо екологічного стану поверхневих вод Львівщини. Визначено необхідне програмне забезпечення для розробки інтерактивної веб-карти та вивчено його можливості. Розроблено алгоритм завантаження геопросторових даних у створюаний веб-ресурс. Підібрано шаблон аплікацій для створення веб-карт моніторингової мережі поверхневих вод Львівської області та скиду стічних вод за 2017–2018 роки в середовищі «ArcGIS Online». Таким чином, було розроблено дві інтерактивні веб-карти забруднення поверхневих вод Львівщини в середовищі «ArcGIS Online» [2, 3].

1. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. Регіональна доповідь про стан навколошнього природного середовища у Львівській області в 2018 році. — Львів: Видавництво «СПОЛОМ», 2019. — 297 с.
2. Согор А.Р., Ярема Н.П., Бридун А.М., Лех І.П. Створення інтерактивної карти забруднення атмосферного повітря Львівщини // Молодий вчений. — 2019. — № 2 (66). — С.303–306.

3. Ярема Н.П., Серант О.В., Кубрак О.Д., Терех Т.М. Веб-картографування сміттєвалищ Львівської області // Молодий вчений. — 2019. — № 11 (75). — С.167–171.

## **Використання прототипу антени місячного радіотелескопу для спостережень сонячного U-сплеска**

*Станиславський Л.О., Бубнов І.М.*

Радіоастрономічний інститут НАН України

Наведені результати перших спостережень спорадичного сонячного радіовипромінювання за допомогою наразі створюваної активної антени в якості прототипу радіотелескопа для майбутньої місії на Місяць. Ця антена дозволяє приймати радіовипромінювання в діапазоні частот 1–40 МГц, що дає можливість перевірити її властивості в наземних умовах. Вивчення якостей випромінювання в такій сумузі частот значно збільшує надійність ототожнення сонячних сплесків, які спостерігаються у нижньої межі частот, доступних для реєстрації радіотелескопами УТР-2 і ГУРТ. Аналізується сонячний U-сплеск, прийнятий 5 червня 2020 року. Його виникнення пов’язане з активною областю NOAA AR12765, яка з’явилася на лімбі зі східного боку Сонця 3 червня 2020 року. Спочатку вона складалася з єдиної плями, яка перетворилася в невеликій біполярний регіон 5 червня 2020 року поряд на північний схід від початкової плями. Саме в цей день розмір активної області сонячних плям був максимальний. Присутність біполярних магнітних полів на Сонці цікаво для спостережень тим, що вони можуть породжувати U-образні сонячні радіосплески, що виникають в результаті руху електронних пучків в сонячній плазмі уздовж замкнених магнітних силових ліній [1].

Зазначений сплеск спостерігався за допомогою даної антени близько 9:37 UT в сумузі частот від 5–6 МГц до верхньої межі частот спостережень інструменту. Зміна швидкості частотного дрейфу на протилежне за знаком у такого сплеску добре простежується, починаючи з 20 МГц і до 15 МГц. Супутникові спостереження, які проводилися в той же самий час за допомогою STEREO A (STEREO В більш не функціонує) і WIND, також зареєстрували цей сплеск. Положення супутників в космічному просторі дозволяло виявляти сплески з активної області 12765. Однак з отриманих реєстрацій досить важко ідентифікувати цю подію як U-образний сплеск, скоріше він схожий на одиночний сплеск III типу, але цьому є своє пояснення. Справа в тому, що частотний діапазон роботи супутниковых приймачів нижче 16 МГц, а саме вище цих частот добре помітний U-образний поворот спектра сплеску. У той же час на супутниковых спектрах спостерігається продовження вплеска до частот 100 кГц і нижче, тобто електронний пучок, що викликав сплеск, міг досягти орбіти Землі. На підставі цих даних ми можемо припустити, що така поведінка радіоспектра виникла в результаті поді-

лу електронних пучків, з яких частина через розворот магнітним полем виришила до Сонця з генерацією U-образного сплеску, а інша пішла в протилежний бік, створюючи сплеск III типу. На підтвердження нашого висновку ми відшукали нашу подію в спостереженнях, виконаних на інших радіотелескопах (ГУРТ і e-Callisto в Гренландії) в той самий час. Отримані спектри на цих інструментах морфологічно абсолютно схожі на спектр, одержаний за допомогою антени-прототипу. Значно чіткіше картина події простежується по реєстрації з антеної решітки ГУРТ, чутливість якої найвища серед зазначених інструментів. Звідси явно випливає, що ця подія породжувалася декількома електронними пучками.

1. Zheleznyakov V.V. Radio Emission of the Sun and Planets. — Oxford: Pergamon Press, 1970.

## **Нanosупутники як інновація в сучасних системах моніторингу**

*Степчук Я.А.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

На сучасному етапі розвитку космічних технологій актуальним постає питання розгляду застосувань нових підходів до створення систем космічного моніторингу земель, екологічного моніторингу, досліджень геофізичних полів, астрономічних спостережень.

Метою даного дослідження є розкриття можливостей інноваційного космічного сегменту у проведенні моніторингу, головним завданням якого є систематичне спостереження за станом земель. Успішний розвиток та загальне поширення застосувань космічних методів спостережень дозволяють значно спростити технології моніторингу, а стрімке технічне поліпшення космічного сегменту забезпечує підвищення якості та істотне здешевлення цих робіт.

У 1957 році на орбіту Землі виведено перші штучні супутники. З того часу розпочався стрімкий розвиток все більших і амбітних проектів. Одним з цих проектів став дистанційний моніторинг земель, проведення якого забезпечило моніторинг великих територій. Із 1970 року його переваги відкрились і для сільськогосподарських потреб за рахунок синхронної великомаштабної та багатоспектральної зйомки поверхні Землі. Ця інформація одразу почала використовуватись в геодезії, картографії, при вивчені природних ресурсів та для контролю за станом навколошнього середовища.

Сьогодні новий космос (New Space, новий простір) базується на філософії створення нової просторової екосистеми: це абсолютно нове виробниче середовище, яке включає в себе станції, супутникове програмне забезпечення для контролю та моніторингу, спеціалізовані підсистеми тощо [2]. Це також термін, який застосовують до відносно но-

вого явища у космонавтиці, яке відображує сукупність аерокосмічних компаній, що забезпечують дешевий доступ у космос.

NASA класифікує супутники за розміром та вартістю залежно від мети та способу їх використання. Вони можуть бути досить маленькими, щоб просто поміститись у долоні, або величезними, як Міжнародна космічна станція [3]. На основі стрімкого розвитку космічних технологій розроблено новий вид супутниковых систем — наносупутники — (Nano-satellites). За своєю масою наносат важить від 1 до 10 кг. Стенфордський варіант CubeSat (Cube Satelite) — це тип малих супутників для космічних досліджень, з об'ємом не більше 1000 см<sup>3</sup> і не важче 1,33 кг. Терміном «CubeSat» позначаються наносупутники, що створені згідно зі стандартом, розробленим під керівництвом професора Bob Twiggs (факультет аeronавтики й астронавтики, Стенфорд) [4]. Більшість подібних супутників розроблені науковими установами, проте певна частина створена приватними компаніями, зокрема компанією Boїнг — гігантом космічної індустрії [5].

Супутники типу CubeSat об'єднуються у сузір'я невеликих супутників у космосі. Їх датчики здатні генерувати величезну кількість даних, які є актуальними для різних регіонів, і включають моніторинг змін та інші завдання, що виконують природоресурсні супутники.

На навколоземну орбіту виведено створений в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» перший український наносупутник «PolyITAN-1». Супутник відповідає формату CubeSat, має масу приблизно 1 кг і розмір 10 × 10 × 10 см [6].

Ера наносупутників наразі лише починається. Згодом за рахунок здешевлення технології та спрощення запуску їхні дані будуть все більше застосовувані у різних галузях. Кожен наносупутник у межах сузір'я оновлюється кожні 2–4 роки, тим самим гарантуючи, що користувач завжди матиме оптимізовану систему з низьким ризиком, яка підтримує постійні технологічні вдосконалення. Таким чином, наносупутникові сузір'я — це системи, в яких поняття застарілості або стріковості вже не є проблемою. Залежно від технічних характеристик наносупутник можна побудувати та розмістити на орбіті менше ніж за 500 тис. євро (за даними інших джерел, їхня вартість істотно нижча, від 40 до 80 тис. євро). Для порівняння: вартість природоресурсного супутника може досягати 500 мільйонів євро і більше [7].

На сьогодні важливим є збільшення галузей застосувань даних, одержаних на основі наносупутників, які мають високе просторове розрізнення (3–4 м) — від задач удосконалення і тестування новітніх технологій, методів і програмно-апаратних рішень, екологічного моніторингу і моніторингу земельних ресурсів, до моніторингу посівів і прогнозу врожайності сільськогосподарських культур [8–10].

Збір та інтерпретація даних, отриманих із наносупутників, матиме важливе значення для ефективного управління природними ресурса-

ми та розвитку стійкої економіки. Наносати, забезпечуючи практично щоденне постачання багатоспектральних зображень, можуть сприяти проведенню постійного моніторингу об'єктів навколошнього природного середовища, агросфери, астрономічних спостережень.

Переваги наносупутників очевидні: вони забезпечують високе просторове й часове розрізнення і знімають території практично в надир.

1. Online Index of Objects Launched into Outer Space [Електронний ресурс] // United Nations Office for Outer Space Affairs. — 2020. — Режим доступу: <http://www.unoosa.org/oosa/osoindex/search-ng.jspx?>
2. How to Do Business in Space? [Електронний ресурс] // Alen. — 2019. — Режим доступу: <https://alen.space/space-business/>
3. What are SmallSats and CubeSats? [Електронний ресурс] // Nasa. — 2015. — Режим доступу: <https://www.nasa.gov/content/what-are-smallsats-and-cubesats>
4. CubeSat [Електронний ресурс] // Вікіпедія. — 2019. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/CubeSat>
5. CubeSat Design Specification [Електронний ресурс] // WebCite. — 2013. — Режим доступу: [https://www.webcitation.org/6lHw070Pi?url=http://www.cubesat.org/images/developers/cds\\_rev12.pdf](https://www.webcitation.org/6lHw070Pi?url=http://www.cubesat.org/images/developers/cds_rev12.pdf)
6. Наносупутник, створений в КПІ, — на орбіті! [Електронний ресурс] // Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”. — 2014. — Режим доступу: <https://kpi.ua/polyitan-1>
7. A Basic Guide to Nanosatellites [Електронний ресурс] // Alen. — 2019. — Режим доступу: <https://alen.space/basic-guide-nanosatellites/>
8. Кохан С.С., Востоков А.Б. Использование данных наноспутников PlanetScope для мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур // Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка. — 2018. — № 61. — С.24–31.
9. Kokhan S.S., Vostokov A.B. Application of nanosatellites PlanetScope data to monitor crop growth // E3S Web of Conferences. The 9th International Scientific-Technical Conference “Environmental Engineering, Photogrammetry, Geoinformatics — Modern Technologies and Development Perspectives”, in press.
10. Yuval S., Xuan Z.C., Karine C., Dunkerley D. Sowing date detection at the field scale using CubeSats remote sensing // Comp. & Electr. Agricul. — 2019. — Vol. 157. — P.568–580.

## **Застосування методологічних підходів у фаховій підготовці майбутнього вчителя фізики та астрономії**

*Ткаченко І.А., Краснобокий Ю.М., Підгорний О.В.*

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Фахова підготовка майбутніх учителів фізики і астрономії має здійснюватися на засадах діяльнісно-компетентнісного й психодидактичного підходів та розглядатися як цілісне утворення, в якому єдність змі-

стової, процесуальної та мотиваційно-ціннісної сторін навчання забезпечується на основі системно-синергетичного підходу як засобу дослідження відкритих (нелінійних) педагогічних систем.

Важливим засобом реалізації діяльно-компетентнісного підходу під час вивчення фізики і астрономії є впровадження освітніх інноваційних технологій. За такого підходу створюються додаткові можливості відтворення високого рівня візуалізації уявлень про природні події й процеси, що відбуваються у Всесвіті, закладаються механізми їх моделювання з різними значеннями тих чи тих параметрів; відбувається індивідуалізація й диференціація навчального матеріалу відповідно до пізнавальних можливостей кожного студента. Компетентнісний підхід у навчанні фізики та астрономії майбутнього учителя природничих наук означає переорієнтацію процесу на результат освіти в діяльнісному вимірі, у зміні акценту з накопичування нормативно визначених знань, умінь і навичок на формування й розвиток у майбутніх учителів здатності до практичних дій.

Діяльнісний підхід до організації навчального процесу з фізики і астрономії орієнтує не лише успішно розв'язувати проблему ефективного засвоєння астрофізичних знань, а й формувати у студентів уміння самостійно і фахово планувати свою діяльність у різних ситуаціях. Цього можна досягти шляхом формування у майбутніх учителів фізики і астрономії узагальнених (ключових) компетентностей та компетенцій. За такого підходу розкривається типова елементарна структура методичної системи навчання як дидактичного процесу: співвідношення цілей, змісту й засобів навчання як складових процесу передачі та засвоєння навчальної інформації. Перехід до компетентнісного підходу означає застосування власного досвіду успішних дій у конкретних ситуаціях, організації освітнього процесу на основі урахування необхідних навчальних досягнень майбутнього вчителя дисциплін природничо-наукового спрямування, забезпечення його спроможності відповісти реальним запитам швидкозмінного ринку праці й мати сформований потенціал для швидкої адаптації як у майбутній професії, так і в соціальній структурі.

Психодидактичний підхід дає змогу використовувати психологію розвитку та методи розвивального навчання в якості основи для побудови освітніх технологій з фізики і астрономії шляхом інтеграції психологічних, дидактичних, методичних та предметних знань учнів. Осмислення суті предметних знань з природознавства і їх структур є необхідною умовою свідомої і цілеспрямованої діяльності майбутнього учителя в аспекті його спеціальної предметної підготовки. Учитель повинен також володіти знаннями про закономірності побудови шкільного курсу фізики і астрономії та розгортання навчального матеріалу, в цілому, і його окремих структурних елементів, зокрема. Майбутньому учителю фізики і астрономії необхідно знати теоретичні основи побудо-

ви навчального матеріалу як на рівні шкільних, так і на рівні вузівських програм. Не менш важливим для учителя є знання про основні способи діяльності в галузі отримання фундаментальних знань.

Єдність й різноманіття методологічних підходів у фаховій підготовці майбутнього учителя фізики і астрономії дає можливість трансформувати інформаційне навчання на методологічне, здійснити перехід від трансляції готового знання до формування критичного та творчого мислення, забезпечити високий рівень його предметної підготовки.

## **Оцінка точності величин, що визначаються з функціональних залежностей**

*Фис М.М., Согор А.Р., Бридун А.М., Согор М.А.*

Національний університет «Львівська Політехніка»

Часто на практиці буває так, що шукана величина не може бути вимірювана безпосередньо. Її значення можна отримати через безпосередньо вимірювання величини, якщо шукана величина і дані величини є функціонально пов'язані.

Іншими словами, зв'язок між шуканим параметром  $p$  та вимірюними значеннями  $l_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) зобразиться функцією  $F$

$$F(p, l_1, l_2, \dots, l_m) = 0, \quad (1)$$

яку можна знайти, наприклад, шляхом розв'язування нелінійного рівняння одним з наближених методів (метод половинного ділення, метод Ньютона, метод простотої ітерації).

Оскільки значення безпосередньо вимірюваних величин є отримані з якимись похибками, то і значення шуканої величини, як функції від них, також буде отримано з якоюсь похибкою.

Величина  $p$  є функцією змінних  $l_i$ , яку можна записати:

$$p = f(l_1, l_2, \dots, l_m). \quad (2)$$

Тоді її середня квадратична похибка обчислення із рівності (2) визначається за загально прийнятою формулою [1]:

$$m_p^2 = \left( \frac{\partial f}{\partial l_1} \right)^2 m_{l_1}^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial l_2} \right)^2 m_{l_2}^2 + \dots + \left( \frac{\partial f}{\partial l_m} \right)^2 m_{l_m}^2. \quad (3)$$

Похідні  $\frac{\partial f}{\partial l_i}$  визначаємо з рівняння (1) як похідні від неявно заданої функції, тобто

$$\frac{\partial f}{\partial l_i} = - \frac{\frac{\partial F}{\partial l_i}}{\frac{\partial F}{\partial p}}. \quad (4)$$

Тому вираз (3) з урахуванням (4) набуде вигляду

$$m_p^2 = \left( \frac{\partial F}{\partial p} \right)^{-2} \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial l_1} \right)^2 m_{l_1}^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial l_2} \right)^2 m_{l_2}^2 + \dots + \left( \frac{\partial f}{\partial l_m} \right)^2 m_{l_m}^2 \right]. \quad (5)$$

Таким чином, отримано строгу формулу для оцінки точності вели-

чин, що визначаються з функціональних залежностей. Даний підхід обчислення оцінки точності можна узагальнити і на випадок багатьох змінних.

1. Зазуляк П.М., Гавриш В.І., Євсєєва Є.М., Йосипчук М.Д. Основи математичного опрацювання геодезичних вимірювань: навчальний посібник. — Львів, 2007. — 408 с.

## Про використання фотометра-поляриметра для дослідження атмосфери Венери

Хазанович Ю.Ю.<sup>1</sup>, Неводовський П.В.<sup>2</sup>, Відьмаchenko A.P.<sup>2,3</sup>,  
Гераїмчук М.Д.<sup>1</sup>, Стеклов О.Ф.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України “КПІ”

<sup>2</sup>Головна астрономічна обсерваторія НАН України

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>4</sup>Міжрегіональна академія управління персоналом

Венера є найближчою до Землі планетою земної групи у Сонячній системі. Їх порівняння дає змогу прояснити можливі шляхи еволюції нашої планети, її атмосфери та клімату. Потужна недостатньо вивчена атмосфера закриває доступ до поверхні Венери та суттєво ускладнює її вивчення. Проте успішно вивчати газову складову атмосфери та аерозольні складові її хмар дозволяють поляриметричні методи дослідження. США (NASA) та Росія (Роскосмос, ІКІ) запланували провести у 2031 р. спільний космічний експеримент щодо дослідження Венери за допомогою космічного апарату (КА) «Венера-Д». З російського боку для виконання програми буде задіяно ракетний комплекс «Ангара-А5» та підготовлено орбітальний і посадковий модулі. Американська сторона для даної місії запропонувала ряд наукових приладів, а також невеликі та достатньо прості аеростатні зонди з масами до 10 кг. З їх допомогою планують протягом тривалого часу (до двох місяців) відстежувати динаміку атмосфери. Також розглядають можливість включення до складу місії мінімум двох вільно дрейфуючих протягом понад вісім земних діб аеростатів. Один з них перебуватиме на висотах 55–60 км над середнім рівнем поверхні планети, а другий — під хмарами, на висотах 45–50 км.

До цих вже запланованих пристроїв може бути додано ще й італійський радар. А за умови використання ракети-носія важкого класу типу «Протон-М», до складу майбутньої експедиції можливо буде включити і потужніший дрейфуючий зонд, котрий зможе функціонувати на висоті 45–50 км протягом більше одного місяця. Американська сторона вже розпочала фінансування підготовчих робіт над проектом. З російського боку, у зв’язку з терміном реалізації даної програми тільки після 2025 р., фінансування передбачено після 2020 р. Основними науковими завданнями для орбітального апарату запропоновано дослідити динаміку і природу суперротації атмосфери Венери, вертикальну будову і

склад атмосфери та хмар, розподіл і природу невідомого поглинача ультрафіолетового випромінювання, випромінювальну здатність поверхні на нічній стороні і з'ясування причин зникнення води з цієї планети; також передбачають дослідити електричні явища в атмосфері та взаємодію атмосфери Венери із сонячним вітром. Посадковий модуль вивчатиме склад ґрунту на глибинах до кількох сантиметрів, нижню атмосферу та процеси взаємодії поверхні з атмосфорою, її хімічний склад, структуру та аерозолі.

Одним з наукових напрямків даного проекту є дослідження атмосфери Венери з керованої атмосферної платформи. Саме такого типу роботи проводилися у Головній астрономічній обсерваторії (ГАО) у відділі фізики планет у 1980-х рр. ГАО НАН України разом з Національним технічним університетом України «КПІ» протягом тривалого часу розробляють фотополяриметри для вивчення різних космічних об'єктів дистанційними методами. Тому ми розглядаємо можливість проведення таких досліджень за допомогою розробленого і виготовленого нами космічного фотополяриметра.

1. Marov M.Ya., et al. // *Icarus*. — 1980. — 44. — P.608–639.
2. Nevodovskij P.V. // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2001. — 1. — P.283–285.
3. Nevodovskiy P.V., Morozhenko A.V. // *Acta Astronautica*. — 2009. — 69(1). — P.54–58.
4. Nevodovskyi P.V., et al. (2018) 18 Ukr. Conf. Space Research. Kyiv, 100.
5. Nevodovskyi P.V., et al. (2019) 50 LPSC LPI Co. 2132, id.1039.
6. Nevodovskyi P.V., et al. (2019) 6 Gamow ICo and 19 Gamow SS, Odessa, 54.
7. Nevodovskyi P.V., et al. (2015) 8 IEEE ICo IDAACS'2015, Poland, 1, 28–32.
8. Nevodovskyi P.V., et al. (2018) 18 Gamow Summer Sch. Odessa, 47–48.
9. Nevodovskyi P.V., et al. // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.43.
10. Nevodovskyi P.V., et al. // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.42.
11. Steklov A.F., et al. (2018) 18 Ukr. Conf. SR, Kyiv, 90.
12. Vidmachenko A.P. // *Astronomical School's Report*. — 2009. — Vol.6(1). — P.56–68.
13. Vid'machenko A.P., Nevodovskii P.V. // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2000. — 16(1). — P.58–62.
14. Vid'machenko A.P., Nevodovsky P.V. // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies Suppl.* — 2000. — 3. — P.283–285.
15. Vidmachenko A., et al. // *Bulletin NTUU KPI*. — 2003. — 25. — P.45–52.
16. Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.12–14.
17. Vidmachenko A.P., et al. (2018) 18 Gamow SS, Odessa, 52.
18. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.18–21.

# **Оцінка стану історичного центру Києва за результатами аналізу довготривалих часових серій даних дистанційного зондування Землі**

*Хижняк А.В., Лубський М.С., Шевчук Р.М., Голубов С.І.*

Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень

Землі Інституту геологічних наук НАН України»

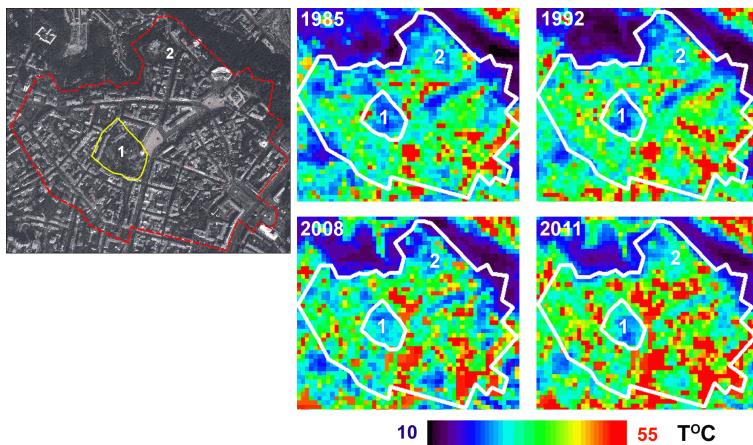
В історичній частині м. Києва розташовані Національний Заповідник «Софія Київська» та Національний Києво-Печерський історико-культурний Заповідник, які включені 12 грудня 1990 року до переліку Всесвітньої спадщини Конвенції про охорону всесвітньої культурної та природної спадщини.

Моніторинг теплового поля в межах історичної частини Києва показує, що із зменшенням площ природного ґрунтово-рослинного покриву і ущільненням міської забудови збільшується поверхневий прогрів територій. Це може викликати як локальне порушення мікрокліматичних умов у межах зон що охороняються, так і сприяти зміні кліматичних умов на регіональному рівні. Останнє відноситься до зростання «міських островів тепла» — проблемі, вирішенню якої приділяється дуже пильна увага практично у всіх розвинених країнах. Локальне порушення мікроклімату є одним з факторів, який впливає на інтенсивність фізичного вивітрювання і, як наслідок, руйнування історичних пам'яток всесвітньої спадщини. Ущільнення міської забудови і скорочення зелених зон в історичній частині міста Києва веде до зростання площ, здатних накопичувати сонячне тепло і, відповідно, поверхневої температури антропогенних об'єктів, що сприяє їх фізичному вивітрюванню і поступовому руйнуванню.

Інструментальні вимірювання мікрокліматичних параметрів центральної частини Києва в зимовий період, зокрема вологості, продемонстрували, що цей показник в нічний і ранковий час може знижуватись до 20%, що в умовах низьких температур створює сприятливі умови для руйнування будівель. Наявність штучних вітрових коридорів сформованих вуличною мережею в таких умовах спонукає фізичне вивітрювання фасадів.

Обробка та аналіз даних теплової космічної зйомки, отриманих із супутників серії Landsat показав, що в історичній частині Києва (Центр, Печерськ, Поділ та ін.) спостерігається стійке підвищення поверхневих температур. З іншого боку, над лісопарковими зонами та іншими територіями з рослинністю прогрів залишається приблизно однаковим. На рис. 1 показана динаміка зміни максимального поверхневого прогріву територій в районі заповідника «Софія Київська» за період 1985–2011 рр.

Для подальшого дослідження впливу процесу урбанізації на територію центральної частини м. Києва активно застосовуються системи ко-



**Рис. 1.** Динаміка зміни площини максимального поверхневого прогріву в межах буферної зони заповідника «Софія Київська» за період 1985–2011 рр.  
1 — територія заповідника; 2 — територія буферної зони

смічного знімання. Оптичні системи (Landsat-8, Sentinel-2) дозволяють отримати зображення складових урболовандшафту та оцінити ряд чинників, які впливають на мікроклімат: густину забудови, густину зелених насаджень, температурні показники. До того ж, для уточнення густини та висотності забудови можливо застосувати дані активних систем радарного знімання Sentinel-1 [1].

1. Kozlova A., Khyzhniak A., Piestova I., Andreev A. Synergetic Use of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Analysis of Urban Development and Green Spaces // 17th International Conference on Geoinformatics. Theoretical and Applied Aspects (14–17 May, 2018, Kyiv, Ukraine).

## Визначення спектральних рівнів засвічення нічного неба в залежності від метеорологічних факторів

Шевчук О.Г.

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

Мета та задачі дослідження: встановити спектральні рівні світлової засвіти на астрономічних майданчиках міста Ніжина в смугах пропускання фотометричної UVB-системи та пов’язати отриманні значення з відносною вологістю повітря в приповерхневому шарі та його температурою.

Актуальність теми дослідження слідує з неможливістю ефективного проведення астрономічних спостережень об’єктів глибокого космосу через світлове забруднення атмосфери штучними джерелами світла.

Гіпотезою наукового дослідження є припущення про наявність кореляційних залежностей між спектральними рівнями світлового «смогу» на астрономічних майданчиках в смугах пропускання фотометричної

UBV-системи та деякими метеорологічними факторами — відносною вологістю повітря в приповерхневому шарі та його температурою.

#### Висновки.

1. Значення яскравості нічного неба з квадратної секунди значно перевищують природній фон неба. У *B*-фільтрі надлишок яскравості неба штучного походження складав  $11,4^m$  проти  $11,9^m$ , а у *V*-фільтрі  $11,0^m$  проти  $12,2^m$ .

2. Зафіковане при спостереженнях екстремальне підвищення засвіти фону нічного неба у *V*-діапазоні, імовірно, зумовлено особливістю спектрального розподілу світлової енергії від вуличних ліхтарів, особливо тих, які знаходились в безпосередній близькості від астрономічних майданчиків.

3. Вплив штучної засвіти на яскравість природного фону неба для безмісячних ночей спостерігається практично до полярної області небесної сфери. При цьому помітна залежність в асиметрії фону неба в зенітній області від спектрального діапазону, зафікована на всіх майданчиках в межах міста.

4. Отримано емпіричні співвідношення залежності спектральних рівнів світлового забруднення на астрономічних майданчиках в смугах пропускання фотометричної UVB-системи від значення відносної вологості повітря в приповерхневому шарі та його температури.

## **Optical polarimetry in study atmosphereless small Solar System bodies**

*Belskaya I.N.*

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

Polarimetric observations of small Solar System bodies provide important information on their surface properties, which cannot be obtained by any other remote technique. Several rare asteroid types were distinguished based on their polarimetric phase curves. The most interesting example is so-called “Barbarians” which are characterized by extremely large inversion angles compared to other Solar system bodies and believed to be very primitive objects. Polarimetric measurements of several transneptunian objects and Centaurs revealed that their surface texture should be very different compared to surfaces of asteroids in the inner part of the Solar system.

Although polarimetry remains the least frequently used techniques in the study of small Solar system bodies, the interest to polarimetric observations has been increased last decade first of all thanks to the progress in instrumentation. The current state, advances and problem of polarimetric observations of atmosphereless small Solar System bodies will be discussed.

## **Reverberation mapping: what it is about**

*Berdina L.A., Tsvetkova V.S.*

Institute of Radio Astronomy, National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv

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

Recently, much attention has been paid to observational projects involving synchronous observations of brightness variations of quasars and active galactic nuclei (AGNs) in several spectral ranges. According to the radiation processing model, bursts of hard radiation arising in the central regions of the disk, when propagating to the outer regions, are re-emitted in them in longer wavelength ranges with time delays proportional to their distance from the center. Measurements of time delays between brightness fluctuations in different parts of the spectrum make it possible to determine the distances between disk regions with different physical conditions, that allows to investigate the spatial structure of quasars and AGNs with a resolution that is not yet available to existing observational tools. This method of studying the structure of distant sources is called reverberation mapping. In addition to direct estimating the size of the emitting regions of a quasar, the method of photometric reverberation mapping allows one to estimate the mass of the central black hole and the accretion rate, to study the law of temperature variation along the radius of the accretion disk, which is important for testing the existing model of a quasar and understanding the mechanism of its variability.

The method of reverberation mapping is used to study the spatial structure of the quasar of the gravitational lens system Q2237+0305. Light curves of macroimages of the Q2237+0305 system in the spectral bands *V*, *I*, and *R* of the Johnson–Cousins photometric system are used. Estimates of possible values of some physical parameters determining the spatial structure of the accretion disk of the Q2237+0305 quasar have been made.

## **Investigation of the Ozerki meteorite parameters**

*Golubaev A.<sup>1</sup>, Kartashova A.<sup>2</sup>, Mozgova A.<sup>3</sup>, Chuvashov I.<sup>2</sup>,*

*Bolgova G.<sup>2</sup>, Glazachev D.<sup>4</sup>, Efremov V.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Astronomy of V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv

<sup>2</sup>Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>3</sup>Astronomical Observatory, Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv

<sup>4</sup>Institute of Dynamics of Geospheres, Russian Academy of Sciences, Moscow

In the morning of June 21 2018 (1:16 UTC) the space body entered the Earth atmosphere in the Lipetsk region. This event was detected by a number of registration systems in cars, satellite observations of bolide light curve and subsequent dust trail. The videos, photos, satellite data allow us to calculate the trajectory, the orbit of the Ozerki bolide. The atmospheric entry velocity is  $14.9 \pm 1$  km/s. The height of the depression point is  $32.8 \pm 0.9$  km and that of the maximum brightness is  $27.2 \pm 0.9$  km.

The pre-atmospheric orbit of the Ozerki meteoroid was also calculated:  $q=0.67\pm0.04$  AU,  $a=0.84\pm0.02$  AU,  $e=0.199\pm0.030$ ,  $i=18.44^\circ\pm3.05^\circ$ ,  $\Omega=89.6561^\circ$  and  $\omega=335.29^\circ\pm5.15^\circ$ . The geocentric radiant position is RA= $307.51^\circ\pm3^\circ$  and DEC= $43.11^\circ\pm3^\circ$ . The found material was called Ozerki meteorite and it is classified as an ordinary chondrite (L6). The estimated: mass of the meteoroid is  $94\pm20$  tons, the energy is  $2.5\pm0.5$  kt TNT, diameter is  $3.7\pm0.5$  m. The observational data, processing methods and analysis of the obtained results are published in [1].

1. Kartashova A., Golubaev A., Mozgova A., et al. // Planet. Space Sci. — 2020. — Vol. 193, 105034.

## **Determination of biosafety of nano-vesicles and viruses in astromaterials**

*Kozyrovska N.O.<sup>1</sup>, Vidmachenko A.P.<sup>2,3</sup>, Steklov A.F.<sup>3,4</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Molecular Biology and Genetics of NAS Ukraine

<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>3</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>4</sup>Interregional Academy of Personnel Management

Microorganisms include archeobacteria and bacteria (characterized by the prokaryotic structure of the cell), and eukaryotes. The first two have no cell nucleus, and DNA is in the cytoplasm. In eukaryotic cells, there is a nucleus and other organelles that are separated from the cytoplasm by membranes. This difference in the cell structure of eukaryotes and prokaryotes is one of the main characteristics for describing the diversity of the organic world. It is believed that prokaryotes may have been the first inhabitants of the Earth, and thanks to their vital activity, a biosphere was formed on Earth. After all, archeobacteria are the oldest living organisms, which began to receive energy through the transformation of inorganic elements [7]. Nanostructures such as membrane vesicles and viruses are considered as non-cellular life forms that may be present in the rocks of comets, asteroids, meteorites, etc. [1, 12]. Therefore, they can fall into the biosphere of the Earth from outer space, and be some markers of life, or forms that are associated with life in the Universe. It is clear that some of these forms can cause significant harm to human health, animals and the biosphere as a whole. Now there are many ways to recognize these dangers for terrestrial microorganisms. But very little attention is paid to microbial nanostructured vesicles. And especially to those extraterrestrial nano-formations that invade the Earth's atmosphere from outer space along with meteoroid matter. After all, it is in such a substance that a biological hazard should be sought. And potentially, this type of biological markers can be found on many bodies in the Solar System. When searching for bacteriomorphic structures in a meteoritic substance, the so-called pseudomorphs are usually investigated, which are

closely related to the entire rock, and do not lie on its surface. That is, they are formed by such minerals, which in composition are practically the same as those of the meteorite itself. Therefore, organic matter found in meteorites and bacteriomorphic structures can be interpreted as artifacts contaminated with terrestrial forms, and not having extraterrestrial origin. After all, being in earthly museum collections, meteoric matter could be mastered by terrestrial microorganisms. Now bacterial life exists on land, in water [11], deep under ice in Antarctica and in the high layers of the atmosphere at temperatures from  $-10^{\circ}$  to  $+120^{\circ}\text{C}$ . At temperatures outside these limits — the bacteria go into a sleeping state. Moreover, in this state, cells retain resistance to adverse temperature, dehydration, increased doses of radiation, and may be in a viable state for millions of years. Such petrified microorganisms are found in Archean and Proterozoic sediments. The preservation of bacteria in the fossil state is associated with their very rapid mineralization, which occurred even before the degradation of bacterial bodies began [8].

The results of the study of fossil bacteria show that the formation of minerals with the participation of bacteria is a process that appeared on Earth with the appearance of bacteria [4]. In recent years, in connection with the development of new technologies, interest has grown in the results of biological studies of astromaterials [6]. The main source of such biological information is meteorites, which belong to the class of carbonaceous chondrites [3]. All the data on their age are in the range of 4.4–4.59 billion years. Asteroids and cometary nuclei are also about 4.5 billion years old. That is, such bodies in space consist of the primary substance of the Solar System. We have developed special observational systems that were used in 2013–2018 to register traces of space invasions into the sky over Kiev as part of the “Churyumov United Network” [2]. These systems can also be used to study objects of the Solar System (terrestrial planets, satellites of planets, asteroids, cometary nuclei, meteoroids, etc.) in order to potentially search for biological signals about possible simplest life forms [11, 13], and to study extraterrestrial biological nanostructures as markers of living in extraterrestrial space. The study of biological material in bodies of cosmic origin began with the Tatahouine meteorite fallen in Tunis in 1931, at a repeated study of its debris in 1994 [5]. Bacteria-like shapes were found on their surface in the form of small rods about 80 nm. These formations met all the requirements of their biogenicity. In particular, this was indicated by their shape, resembling colonies of bacteria, and their characteristic sizes. Similar structures were also found in the ALH 84001 Martian meteorite, which fell in Antarctica in 1984 [9, 14]. Such remains of bacteria in the meteoritic substance continue to be found now. They can be the remains of living organisms that lived in the parent body for meteorites. Often they are similar to cyanobacteria and the remains of other prokaryotes (without a nucleus in a cell). It is believed that chondras

are formed as a result of the rapid (within a few minutes) heating of the original rock to temperatures of +1500...1900°C. This leads to its melting and subsequent slow (up to several hours) cooling. At the end of the 20th century, it was proved that in the amino acids found in a meteorite, the isotopic composition of nitrogen differs significantly from that of the earth. Among the organic matter in the Murchison meteorite, the most interesting is the identification of nucleic acids: guanine, adenine, uracil, purine, xanthine, hypoxanthine and some others. It was particularly noted that some of them are part of the DNA and RNA of all living cells. At the beginning of the 21st century, when studying a dozen meteorites, they came to the conclusion that in many carbonaceous chondrites there are formations that with a rather high degree of probability can be identified as the mineralized remains of microorganisms that once lived in these rocks. In the same meteorites, a large number of complex organic substances and the presence of microbial pseudomorphos in them were found. From the determination of the age of meteorites, it follows that life could have arisen there before the formation of the Earth. After all, the age of meteorites 4.6 billion years, and life there — already there is! At the same time, the formation of the Earth — has just begun! If the hypothesis about the origin of life outside the Earth is confirmed, the question inevitably arises: where, and under what conditions, did it originate somewhere in space? And how did this life subsequently reach the solar system? For now, it is necessary to develop a concept for detecting possible nano-vesicles in micrometeorites. For solutions of these issues need to develop a clear concept for detecting possible nano-vesicles in micrometeorites. Such astromaterials can be captured by special traps installed on satellites, the ISS and manned spacecraft. We believe that such astromaterials can be captured by special traps installed on satellites, the ISS and manned spacecraft. We also propose to “catch” this astromaterial in the Earth’s atmosphere from a “long-lived” trace of fireballs during powerful meteor showers [10] with the help of specially prepared traps installed on airplanes. And it is necessary to lift such devices into the air during space intrusions.

1. *Astafieva M.* (2012) EPSCo, Madrid, id. EPSCo, 9.
2. *Dashkiev G.N., et al.* (2018) 49LPSC, LPICo 2083, id.1107.
3. *Folk R.L., Lynch F.L.* (1998) Proc. SPIE, IMMA, 3441. — P.112–122.
4. *Gerasimenko L., et al.* (2005) Astrobiology. NATO ASI, IOS Press, 38.
5. *Gillet Ph., et al.* (2000) EPS Let., 175(3–4). — P.161–167.
6. *Hoover R.B., Rozanov A.Y.* (2003) IMMA VI, SPIE, 4939. — P.10–27.
7. *Kozyrovska N.O., Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.86–88.
8. *Rozanov A., Astafieva M.* (2009) EPSCo, 283.
9. *Steele A., et al.* // Meteoritics & PIS. — 2000. — 35(2). — P.237–241.
10. *Steklov E.O., et al.* // XIX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Bila Tserkva, 2017). — P.75–76.

11. *Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.91–93.
12. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* // Astronomical School's Report. — 2013. — Vol. 9(2). — P.146–148.
13. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* // XIX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Bila Tserkva, 2017). — P.21–23.
14. *Weiss B.P., et al.* // Proc. NAS. — 2004. — 101(22). — P.8281–8284.

## **The first detection of 20 pulsars and the repetitive sporadic decameter radio emission source in decameter wavelength range**

*Kravtsov I.P.<sup>1</sup>, Zakharenko V.V.<sup>1,2</sup>, Vasylieva I.Y.<sup>1</sup>, Ulyanov O.M.<sup>1</sup>,  
Konovalenko O.O.<sup>1</sup>, Shevtsova A.I.<sup>1</sup>, Yerin S.M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Radio Astronomy, National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv

<sup>2</sup>V.N. Karazin Kharkiv National University

In 2010–2013, the first decameter census of pulsars was carried out at UTR-2 radio telescope. At that time, 74 pulsars potentially available for UTR-2 radio telescope were known, i.e. their dispersion measure values were up to  $30 \text{ pc/cm}^3$ , periods — more than 100 ms and declination more than –10 degrees. As a result, decameter radiation of 40 pulsars was detected, the emission of another one was found later (until 2010, only about a dozen of these sources were known at the decameter waves). Their pulse profiles, dispersion measure values, pulse widths, etc. were obtained and specified.

Besides, a survey of the Northern Sky in order to find sporadic radio emission sources at the decameter wavelength using UTR-2 radio telescope was recently completed. Sources with the dispersion measures up to  $30 \text{ pc/cm}^3$  and with available for UTR-2 coordinates were searched. As a result, 380 strong signals from unknown cosmic sources were detected.

Due to the increase in the number of known pulsars over the last 10 years (the number of potentially available sources for UTR-2 has increased from 74 to 163 pulsars), as well as to identify our transient signals, it was decided to conduct the second decameter pulsar census. As of the beginning of 2020, 41 pulsars have already been observed at UTR-2, i.e. 122 more sources need to be searched. A database was created containing the parameters of all these pulsars.

As a result, at the first stage of the second decameter census of pulsars, the radiation of 20 sources was detected (also the detection of another 5–7 pulsars is questionable). Profiles of the average pulses at decameter waves were obtained, dispersion measure values are refined. As already mentioned, during the transient survey of the Northern sky at UTR-2 radio telescope in 2010–2018 380 strong individual pulses from unknown cosmic sources were detected. It is possible to identify some of these signals

with recently detected (or even recently discovered) pulsars and to clarify dispersion measures of these pulsars. Moreover, a source of repetitive sporadic radiation was also detected at UTR-2. It can be either RRAT, or a new pulsar, or some other source. Additional research is currently underway to determine the nature of this source.

## **Solar cycle memory interval**

*Krivodubskij V.N.*

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv

In predicting solar activity cycles within the framework of dynamo theory with the involvement of solar observed data, researchers in recent years rely on similar in nature models of the turbulent  $\alpha\Omega$ -dynamo solar cycle with the flux transport dynamo), but with different accent on the nature of the effects of magnetic flux transfer. The essence of the differences lies in the estimation of the relative contribution in the model of diffusion and meridional magnetic flux transfer. Some researchers develop numerical models  $\alpha\Omega$ -dynamo with low turbulent diffusion of the magnetic field ( $\sim 10^8 \text{ cm}^2/\text{s}$ ), in which the main mechanism of magnetic flux transfer is the meridional circulation (the so-called advection). In this mode, which is commonly referred to as the “dynamo model with dominant advection magnetic flux transfer” (dynamo AD mode), the surface poloidal magnetic field of the current cycle, generated due to the  $\alpha$ -effect, is first transferred from the average solar latitudes to the poles, then down to the solar convection zone (SCZ) bottom in the area of tachocline, and then in the equatorial direction to low solar latitudes. However, in the alternative models, a regime with high turbulent diffusion of the magnetic field ( $\sim 10^{13} \text{ cm}^2/\text{s}$ ) is introduced, in which the surface poloidal field is transferred down to the tachocline mainly due to turbulent diffusion — “the model of dynamo with the dominant transfer of magnetic flux of the magnitude of turbulence” (dynamo DD mode).

As a result of theoretical studies, the main difference between the forecasts of solar activity on the basis of models in AD and DD modes lies in the different memory span of the solar cycle. Based on simulations in which the source of the poloidal field varied stochastically over time, a correlation between the polar magnetic flux at the minimum of the cycle  $n$  and the amplitude (total area of the spots) of the cycles  $n$ ,  $n+1$ ,  $n+2$ , and  $n+3$  was been studied [1]. It was found that in DD mode, the polar magnetic flux at the minimum of the solar cycle correlates only with the amplitude of the next cycle ( $n+1$ ), whereas in the AD mode, the polar magnetic flux at the minimum of the cycle  $n$  correlates with the amplitudes of the cycles  $n$ ,  $n+1$ ,  $n+2$ .

The problem of solar cycle memory has been recently investigated from the observed point of view [2]. Based on the processing of sunspot area measurements and polar magnetic flux, spanning more than a century, only

one significant correlation was found between the polar magnetic flux at the minimum of cycle n and the amplitude of the subsequent  $n+1$  cycle. The result indicates that the solar cycle memory is limited to only one cycle. In the light of theoretical studies, this suggests that models of DD are compatible with observations, whereas models in the mode of AD are not compatible with observations. It is therefore important to clarify which models may be more appropriate for physical conditions in the depths of the Sun. Speaker's calculations made in approximation of the theory of mixing using physical parameters from the SCZ model [3] have shown that the coefficient of turbulent diffusion of the solar plasma magnetic field reaches quite high values ( $\sim 3 \cdot 10^{12} - 10^{13}$  cm $^2$ /s) [4, 5]. Therefore, it is obvious that the Sun is dominated by flux-transport dynamo with high turbulent magnetic diffusion (DD mode). On this basis, it can be assumed that, given the physical conditions in the solar layers, it is the DD models that can explain the short-term memory inherent in the solar cycles one cycle ahead.

1. Yeates A.R., et al. // Ap.J. — 2008. — Vol. 673. — P.544.
2. Muñoz-Jaramillo A., et al. // Ap.J.Lett. — 2013. — Vol. 767. — L25.
3. Stix M. The Sun. — Berlin: Springer-Verlag, 2002. — 490 p.
4. Krivodubskij V.N. // Astron. Nachrichten. — 2005. — Vol. 326, No. 1. — P.61.
5. Kryvodubsky V.N. // Kinematic.Phys. Celest. Bodies. — 2012. — Vol. 28, No. 5. — P.232.

## Milky Way disk modeling. Features and analysis

Lipatova V.V.<sup>1</sup>, Golubov O.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Astronomy and Space Informatics,  
V.N. Karazin Kharkiv National University

<sup>2</sup>Institute of Astronomy of V.N. Karazin Kharkiv National University

Modern science uses many methods for precise modeling of different complex structures. The general purpose of modeling of the Milky Way is to build a fairly simple model that will describe all the key properties of the galaxy. The main problem in modeling is the excessive size of the Galaxy and the large number of physical processes and factors influencing the processes. In many existing models, physics on various scales is either simplified or ignored, if it is justified. If we do not take into account analytical models, modeling is reduced to two common branches: numerical and semi-analytical.

Big and very important step in modeling is to prepare existing data for comparison with model that was built. This is necessary to adjust the coefficients of the theoretical model to better match to the obtained observational data. The most extensive and accurate dataset of Galaxy stars nowadays is Gaia second release dataset that consist full information for 7 224 632 stars. A good sign will be if rotation curve of created model and the real rotation curve of the Milky Way will coincide.

In my talk I aim to highlight the features of modeling the Galaxy and the features of working with the Gaia database, and also to suggest further development of this field in the future.

## Dust can affect on the mastering of Mars

*Morozhenko A.V.<sup>1</sup>, Vidmachenko A.P.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

On Earth and its orbit, people are protected from radiation by the planet's magnetic field. When flying to Mars, astronauts lose such protection. Therefore, for a year and a half of flight to Mars [9] and back, an astronaut, even at the minimum of solar activity, can receive the maximum dose of radiation for his entire space career: more than 1 sievert. But for such a long time, a flash may occur on the Sun, and not one. Then the radiation dose received by the astronaut will significantly increase, and with a probability of 50% can lead to death from radiation sickness. In addition, the practical absence of the magnetosphere ( $\approx 40$  nT), a very thin atmosphere and the absence of the ozone layer are clearly insufficient conditions to protect a person and possible life on the surface from solar radiation and hard ultraviolet [6, 10, 17]. Now the temperature at an average level of the surface of Mars is about 200–210 K. Recently, hydrated salts of perchlorates were detected by spectral methods near the North Pole [1]. Their presence in the water does not allow it to freeze even at temperatures below 200 K. Apparently, it is for this reason that liquid water still periodically flows along the walls of Martian craters. It is possible that the observed perchlorate spectra are indicators of underground aquifers, which are a refuge from radiation [8, 13].

Therefore, such brines can be a possible habitat for some life forms that could arise on cold Mars and, having adapted, survive there [4, 5, 7, 11, 12]. And although perchlorates for the majority of life on Earth are highly toxic compounds, it is quite possible that Martian microbes could overcome the fact that Mars is a poisonous desert world filled with radiation. And one way to avoid the damaging effects of radiation is to live below the surface. Spacecrafts also made it possible to detect huge reserves of minerals similar to gypsum, fine-grained salt of silicic acid and dust based on chromium compounds. All such particles in contact with the respiratory tract cause the most dangerous skin diseases, pulmonary, and eye irritation. In addition, these atmospheric aerosols play a significant role in the formation of the Martian climate [2, 14]. Using the results of our polarimetric and photometric observations of Mars, we determined some aerosol parameters (size  $r_o$ , real  $n_r$  and imaginary  $n_i$  parts of the refractive index, optical thickness  $\tau_o$  of the dust layer [3, 15, 16]) at different stages of development of global dust storm. For spheroidal particles, it was found that the values of  $n_i$ ,  $r_o$ , and  $\tau_o$  are twice as large as those for spheres.

But even with the greatest activity of the dust storm in 1971, we obtained that with the optical thickness of the dust cloud  $\tau_o \geqslant 15$ , the particle size was  $4\text{--}8 \mu\text{m}$  with  $n_r = 1.57$  and  $n_i = 0.0001 - 0.0025$ . And with a high transparency of the atmosphere of Mars, these values turned out to be even smaller. With global dust storms, more than a billion tons of such small particles rise into the atmosphere.

Therefore, perchlorates and other types of dust can significantly affect the colonization of Mars. After all, the Martian dust is so small that it can penetrate into any gaps. In addition, the Martian wind spreads this fine dust on the planetary surface, and dust particles acquire a static charge. Therefore, they will stick to the surface of spacesuits and even penetrate inside. Under conditions of low pressure and high levels of radiation, people will be able to live only in special premises located below the surface. And to get to the surface, you must have special spacesuits with special protection.

But even with careful processing of this small, all-pervasive dust will fall into the home, and then into the lungs of the settlers of Mars. For additional protection in front of the entrance to residential blocks, you must equip special sanitary permits. After all, the dust will penetrate into all the moving parts of space suits and mechanisms and lead to their mechanical wear. Therefore, it is strongly recommended that astronauts wear special protective suits over their spacesuits. And they should be thoroughly disinfected before entering the inhabited premises. That is, because of perchlorate dust, it is important to use a one-time “medical gown” over the ordinary spacesuit. All these facts make you seriously think about protection from fine Martian dust. Given the technical, physiological, and psychological aspects of this task, it can be assumed that this problem may soon be fully resolved.

1. *Hecht M.H., et al.* // *Science*. — 2009. — 325(5936). — P.64–67.
2. *Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P.* // XIX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Bila Tserkva, 2017). — P.67–69.
3. *Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P.* (2017) LPICo 1966, 2017, id.6010.
4. *Peplow M.* // *Nature*. — 2005. — 436(7048). — P.158–159.
5. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* (2019) 9 Intern. Conf. Mars, LPI Co. No. 2089, 6007.
6. *Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V.* (2005) 36 LPSC, #1015.
7. *Vidmachenko A.P.* // XIX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Bila Tserkva, 2017). — P.16–17.
8. *Vidmachenko A.P.* // *Astron. Almanac*. — 2009. — 56. — P.225–249.
9. *Vidmachenko A.P.* // *Astronomical School's Report*. — 2009. — Vol. 6(1–2). — P.131–137.
10. *Vidmachenko A.P.* // *Astronomical School's Report*. — 2012. — Vol. 8(2). — P.136–148.

11. *Vidmachenko A.P.* // XVIII Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Kyiv, 2016). — P.16–17.
12. *Vidmachenko A.P.* // XVIII Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Kyiv, 2016). — P.14–16.
13. *Vidmachenko A.P.* (2016) Biosign. Preserv. Detection in Mars Analog, #2002.
14. *Vidmachenko A.P.* (2017) 4 Intern. Conf. Early Mars, LPICo 2014, id.3005.
15. *Vidmachenko A.P., et al.* // Solar Syst. Res. — 1981. — 14(4). — P.157–159.
16. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* (2014) MAO NASU, NULESU, PH "Profi", 388.
17. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* // Astronomical School's Report. — 2014. — Vol. 10(1). — P.6–19.

## **The method for reconstruction of the atmosphere multimode aerosol component parameters from spectral polarimetric measurements**

*Ovsak O.S.<sup>1</sup>, Vid'machenko A.P.<sup>1,2</sup>, Vashchenko V.M.<sup>3</sup>, Loza Ye.A.<sup>3</sup>,  
Shpig V.M.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>3</sup>State Ecological Academy of Post-Graduate Education and Management

<sup>4</sup>Ukrainian Hydrometeorological Institute

Most of works on determining the physical characteristics of Earth's atmosphere aerosols are carried out using photometric measurements obtained by solar photometers and lidars [3]. However, these devices do not make it possible to determine the microphysical parameters of aerosols when they using separately [5]. At the same time a number of papers results demonstrate the possibility of determining aerosol component characteristics at the upper part of planetary atmospheres confidently (see in [6–8, 11]). This way is based on data analysis of photometric and polarimetric measurements of other Solar System planets. It indicates the high potential of photopolarimetric studies and the need to develop the methods for analyzing their results to restore physical characteristics of aerosol component in the Earth's atmosphere [8]. We will note that ground-based passive polarimetric measurements have begun to develop over the past decade. And it helps significantly to improve the reliability of determining the atmospheric aerosols characteristics [9]. However, large international observational networks (for example, the AERONET) are still reluctant to include a spectropolarimetry in the measurement plans, partly because of their complexity, and also because of the need to put extra effort into the analysis and interpretation of polarization data [2].

We proposed the reconstructing method for physical parameters of main aerosol modes in the Earth's atmosphere from measurements of spectral phase dependences the degree of linear polarization (DoLP) of the sky. The main highlight of this method is the way for determining a relative

contribution of Rayleigh scattering and weight coefficients of the fractions (modes) in the total aerosol mixture. And also, we proposed criteria for assessing the additional aerosol fractions presence in the studied atmospheric part. As is known, the DoLP of solar radiation scattered by the atmosphere is determined by the combined action of scattering on gas molecules and on aerosol particles [10]. With a small spectral optical thickness of the atmosphere  $\tau(\lambda) \ll 1$ , the light's DoLP for a gas single scattering has maximums at the phase angles of  $90^\circ$  and  $270^\circ$ . But aerosol particles presence in the atmosphere noticeably changes the DoLP phase dependence shape [4]. O. Ovsak created the set of special computer program codes to simulate the DoLP of light scattered by the Earth's atmosphere in a physically acceptable range of aerosol parameter values. A model of polydisperse ensemble of homogeneous spherical aerosol particles with a normal-logarithmic size distribution function is in use. The degree of linear polarization, the volume scattering coefficient, and the phase function are calculated according to algorithms developed using the results of [4, 12]. The specified accuracy of the calculations is  $10^{-8}$ . Trial testing of the method's algorithms and the developed complex of special computer program codes was carried out when analyzing the measurements data of the sky DoLP at zenith above Kiev from [1].

The curves of the DoLP phase dependences at wavelengths of 578, 420, and 390 nm were constructed according to the measurement data [1] and theoretically calculated separately for the gas and aerosol components of the model medium, as well as for their combinations. These dependences with the weighting coefficients determined by us, allow us to conclude that the polydisperse ensemble of aerosol particles with at least two main size distribution modes is likely to be in the Kiev sky at the measurement date [1]. Here are the aerosol parameters determined by us for a normal-logarithmic particle size distribution function with dispersion value of  $\sigma^2 \approx 0.1$ : the coarse-grained mode 1 with a weight coefficient  $k_1 = 0.2$ , the real part of the refractive index of particles is  $n_r \approx 1.45$ , the average geometric radius is  $r_0 \approx 7.0 \mu\text{m}$ ; and for the fine-grained mode 2  $n_r = 1.45$ ,  $r_0 = 0.12 \mu\text{m}$ .

The processing results for measurement data of the spectral DoLP phase dependences of the light scattered by the daytime and twilight sky and their interpretation showed the effectiveness of both the proposed methodology and the developed complex of program codes application. We detected good agreement between the calculated model DoLP phase dependences and the according measurements data in a wide wavelength range. It indicates a high probability of matching the restored model aerosol parameters with their real values. We emphasize that the technique in use allows us to determine the probable parameters of the gas-aerosol medium averaged over the atmospheric column, the height of which is determined by the zenith distance of the Sun. It has been shown a possibility of restor-

ing the microphysical characteristics of the aerosol in the troposphere and the lower part of the stratosphere by polarizing cloudless sky measurements underground conditions performed by day and immediately after sunset. This analysis technique can be adapted to the processing of data from remote studies of stratospheric aerosol. They are obtained using our developed polarimeter operating in the ultraviolet region of the sunlight spectrum.

1. *Avramchuk V.V.* // Voprosy astrofiziki. — Kiev: Naukova dumka, 1965. — P.112–120.
2. *Dubovic O., et al.* // JQSRT. — 2019. — 224. — P.474–511.
3. *Huige Di H.G., et al.* // JQSRT. — 2017. — 188. — P.28–38.
4. *Hulst van de G.* Scattering of light by small particles. — M.: IL, 1961. — 536 c.
5. *Jagodnicka A.K., et al.* // Appl. Opt. — 2009. — 48. — P.B8–B16.
6. *Morozhenko A., Vid'machenko A.* // Mathematics, Physics and Chemistry. — 2004. — 161. — P.369–384.
7. *Morozhenko A.V., et al.* // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2016. — 32(1). — P.30–37.
8. *Morozhenko A.V., et al.* // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2013. — 29(5). — P.243–246.
9. *Nevodovskyi P.V., et al.* (2018) IEEE 9 IC DESSERT'2018. Kyiv. — P.667–672.
10. *Shiřin K.S.* Light scattering in a murky environment. — M.: Gostechteoretizdat, 1951. — 288 c.
11. *Vidmachenko A.P., et al.* (1984) SALet, 10, Sept.–Oct., 289, 290.
12. *Yanovitskij E.G., Dumanskij Z.O.* Tables on the scattering of light of a polydisperse system of spherical particles. — Kiev: Naukova dumka, 1972. — 124 p.

## **On use of polarimetric measurements to study aerosols in the Earth's atmosphere**

*Ovsak O.<sup>1</sup>, Nevodovskyi P.<sup>1</sup>, Vidmachenko A.<sup>1,2</sup>, Ivakhiv O.<sup>3</sup>,  
Zbrutskyi O.<sup>4</sup>, Geraimchuk M.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>3</sup>Lviv Polytechnic National University

<sup>4</sup>National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic Institute”

We propose using of polarimetric studies in the solar spectrum ultraviolet (UV) range to determine the characteristics of Earth's atmosphere aerosols [6, 7, 8]. The technique for obtaining information on aerosol parameters from the results of twilight sky polarization measurements has been presented in [5, 9, 10]. The need for additional photometric observations of objects in order to expand the volume and completeness an information received was noted in [3, 11]. Atmosphere measurements

without any filters were showed the degree of linear polarization (DoLP) values of the sky at zenith was from 30 to 70% on different days. Such values are significantly smaller than the value of the sky DoLP formed only by gas composition of the atmosphere. It was observed also the value of DoLP decreases approximately at 20% on phase angles of about 90° and 270°. That may be a consequence of the depolarizing effect by general sky background. One can add the influence effect of aerosol DoLP in the troposphere increases significantly at wavelengths greater than 760 nm.

In fact aerosol can be located at altitudes above 30 km in the Earth's stratosphere for a quite long time. Therefore, it has a significant effect on the thermal regime of the atmosphere on a global scale and affects local levels of ozone layer power. A number of aerosol parameters like the nature of aerosol particles (the real part of the refractive index), the effective size, size distribution function and horizontal inhomogeneous of the altitudinal ozone layer etc., all of them can be determined by polarization measurements [2, 4]. Note that in [5] it was proposed to orient the optical system of the telescope toward the almucantrate of the Sun. The observed values of phase angles interval can be increased significantly with changes in the setting of the telescope's clock angle relative to the Sun, in this case. Also, this technique allows one to plan the necessary information obtaining about a separate atmospheric layer located at a certain altitude in the atmosphere [5, 8].

We were combined the efforts of the Main Astronomical Observatory (MAO) of the National Academy of Sciences of Ukraine, the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" and the Lviv Polytechnic National University to preparing a possibility for the stratospheric aerosol physical characteristics studies experiment. The mock-up ultraviolet polarimeter (UVP) for spacecraft application was been created [10]. This device detects a Sun radiation by photomultiplier R1893 operates in the photon counting mode. Temperature sensors are controlling temperature values of the surrounding atmosphere and the UVP parts. The polarizing Glan prism is rotating by the miniature hollow-rotor piezoelectric motor. All necessary data from temperature sensors, receiver, engine and other UVP components are transferred to computer for the purpose of processing and further analysis. The special software has been developed to control a polarization plane of the corresponding device elements position respectively to the put target.

A modification of current prototype of the onboard UVP device [7, 9] has been developed to verify the methodology for conducting polarization observations of the cloudless sky proposed in [5]. The UVP layout studies were performed at the special test bench made it possible to determine its technical parameters and performance characteristics [10]. Then it was installed on the AZT-2 telescope (the 70 cm size mirror and the 15 m focal length) located at the MAO site. Polarimetric observations themselves

were carried out on September 26 and 27, 2017.

We also have developed the mathematical algorithms and created a set of software codes to analyze the data of measurements of the sky DoLP. Trial testing of the algorithms and the program codes has been carried out for the measurements data of the sky DoLP at zenith above Kiev from [1]. Good agreement between the calculated model phase dependences of DoLP and the corresponding measurement data over a wide wavelength range was obtained.

1. *Avramchuk V.V.* // Voprosy astrofiziki. — Kiev: Naukova dumka, 1965. — P.112–120.
2. *Hulst van de G.* Scattering of light by small particles. — M.: IL, 1961. — 536 c.
3. *Klimenko V.M., et al.* // Icarus. — 1980. — 42(3). — P.354–357.
4. *Morozhenko A.V.* (2004) Methods and results of remote sensing of planetary atmospheres. Kyiv; ND. 647.
5. *Morozhenko A.V.* // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2010. — 26(1). — P.36–38.
6. *Morozhenko A.V., et al.* // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2013. — 29(5). — P.243–246.
7. *Morozhenko A.V., et al.* // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2014. — 30(1). — P.11–21.
8. *Morozhenko O.V., et al.* // KNiT. — 2000. — 6(2/3). — P.69–76.
9. *Nevodovskyi P.V., et al.* (2015) IEEE 8 IC IDAACS-2015. Warsaw, vol. 1. — P.28–32.
10. *Nevodovskyi P.V., et al.* (2018) IEEE 9 IC DESSERT'2018. Kyiv. — P.631–636.
11. *Ovsak A.S., et al.* // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2015. — 31(3). — P.119–130.

## Dynamical evolution of binary asteroids

*Serheyeyva K.V.<sup>2</sup>, Golubov O.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Astronomy of V.N. Karazin Kharkiv National University

<sup>2</sup>Department of Astronomy and Space Informatics V.N. Karazin

Asteroids systems, their origin, formation and evolution are very important for the scientific society. They can make it possible to study the processes occurring in the Solar System, and the processes that occurred in it many years ago.

In our report, we will talk about asteroid systems: binaries, triples, and pairs, and then talk about the formation and evolution of binary asteroids. Asteroid pairs have a common origin, but are not bound. Binary and triple asteroid systems are gravitationally bound asteroids, which rotate around the common center of mass. Conditionally, binary asteroids were divided into several groups according to the size of the system components. Process of formation binaries and triples asteroids is associated with rotational disruption.

At present, several methods are used to observe asteroid systems: radar observations of near-Earth asteroids systems, observations of the light curve, and the spectral method of research.

Thermal effects, namely the YORP effect and the binary YORP effect (BYORP), can affect binary, triple and other asteroid systems. In many asteroids systems, the YORP and BYORP can compensate each other, and this leads to a state of equilibrium. Asteroid systems also experience other effects such as tides, which can interact with BYORP and cancel it.

The YORP effect can increase asteroid's rotational speed. This causes rotational fission and leads to the formation of asteroid systems. The further evolution of the asteroid system directly depends on the masses of the components.

Asteroid collisions, which lead to the formation of binaries and triples, was offered as another plausible route for the formation of asteroid systems.

In our report, we will focus on the current research that has made significant progress in recent years in studying populations of multiple asteroid systems, and updates expected from the planned space missions to asteroids.

## **Taxonomy of asteroids: past and future**

*Slyusarev I.<sup>1,2</sup>, Glezina D.O.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Department of Astronomy and Space Informatics V.N. Karazin  
Kharkiv National University

<sup>2</sup>Institute of Astronomy V.N. Karazin Kharkiv National University

Combining objects and phenomena into classes is the first step in each branch of modern science after the initial stage of data collection. The term "taxonomy" came in astronomy from biology where it means the naming, defining and classifying groups of biological organisms based on shared characteristics.

Solar radiation is scattered and absorbed by the particles that make up the uppermost layer of the asteroid, so depending on the optical characteristics of these particles, the ratio of light reflected back varies with wavelength. Unfortunately, there is no direct connection between asteroid spectra and physical properties and chemical compositional of its surface particles.

Using several classification methods (cluster analysis, principal component method, artificial neural networks) a number of different taxonomic systems have been proposed.

Asteroid taxonomy has developed since first modern classification in 1975 in tandem with the increase observational data sets. Early observations were often limited in scope to the larger and brighter asteroids, and in wavelength range to filter sets used for stellar astronomy. In many ways, asteroid taxonomy is similar to stellar spectral classification system: it uses a single letter (or two), based on color and principal spectral fea-

tures. As observations widened in scope and more specialized filter sets and observational techniques have been applied to asteroids, our appreciation of the variety and complexity of asteroid spectra has also increased. Asteroid classification system has evolved to reflect this complexity, and the number of spectral classes has steadily increased.

This process has become particularly relevant in recent ten years, when data on color indexes (SDSS, VISTA) and albedo (WISE), have become available for more than 100,000 asteroids. However, there is no taxonomy that combines modern multi-spectral data with albedos yet.

In my talk I aim to analyze and compare different classifications of asteroids and suggest what could be done in this field in the future.

## **Satellite remote sensing data superresolution techniques**

*Stankevich S.A., Piestova I.O., Lubskyi M.S.*

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth IGS NAS of Ukraine, Kyiv

Comprehensive estimation of Earth geosystems condition by remote sensing data requires synergetic interpretation of multisensor imagery obtained in different spectral bands with different spatial resolution. Multi-spectral imagery useful information, as distinct from Shannon's capacity, is determined not by radiometric, but mainly by spatial resolution.

At moment, many methods for remote sensed imagery spatial resolution enhancement in segmentation, recognition, interpretation, and measurements are used to improve visual data analysis. The distortion in image radiometry is the primary disadvantage of such methods. It is very important to provide the physical spatial resolution enhancement of multispectral imagery with radiometry preservation.

The novel technique for multispectral imagery resolution enhancement based on the reference spectra database engagement is proposed. In image processing, the process of determining various types of the earth's surface is necessary. It is carried out by spectral segmentation of the image according to spectral characteristics [1]. Land cover fuzzy logic classification using ground-truth spectral signatures measurements is performed [2].

Another method, which is that radiometric signals reallocate within image subpixels to enhance the overall image physical resolution, is described. Smart reallocation of land cover class patterns according to relationships and types of the nearest surrounding subpixels is a key point in this approach.

For the longwave infrared remote sensed imagery resolution enhancement technique using superresolution of image pairs of the same scene in the frequency domain is developed. Land surface temperature (LST) derived from longwave infrared data typically suffers from lack of informativeness. Proposed resolution enhancement technique combines two-stage technique for LST imagery informativeness enhancement, that require any additional hardware means and sensing systems doesn't require any tech-

nical approaches. At the first stage resolution enhancement is gained with application of emissivity data, which is required for remote surface temperature estimation and extracted from VNIR data that typically has much more higher spatial resolution [3]. At the second stage the sub-pixel enhancement technique using sub-pixel shifted imagery pairs is applied. The processing of imagery pairs for the same region in frequency domain using Discrete Fourier transform (DFT). It consider separating of the particular part of frequency spectrum that is accepted to be the same for both images (high-frequency part that corresponds to a stable borders between different landscape parts), despite distinction brought by subpixel shift, which is able to be the source of addictive information for spatial resolution enhancement. Extracted high-frequency components is used for superresolution technique, that includes next operations: subpixel shift estimation, noise distribution image estimation joint for input images, input low-resolution images fusion into a joint interlaced image over high resolution grid, the inverse operator estimation for the rest of pixels restoration, the enhanced spatial resolution image restoration, iterative image reconstruction to eliminate irregularities and suppress noise. After high-frequency component resolution enhancement it is merges with low-resolution low-frequency component, that corresponds to heat radiance [4].

1. *Zaitseva E., Piestova I., Rabcan J., Rusnak P.* Multiple-valued and fuzzy logics application to remote sensing data analysis // 26th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbia, 2018. — P.1–4.
2. *Stankevich S., Zaitseva E., Piestova I., Rusnak P., Rabcan J.* Satellite imagery spectral bands subpixel equalization based on ground classes' topology // Proceedings of the International Conference on Information and Digital Technologies (June 25–27, 2019, Zilina, Slovakia). — P.442–445.
3. *Piestova I., Lubskyi M., Svideniuk M., Golubov S., Sedlacek P.* Satellite imagery resolution enhancement for urban area thermal micromapping // Central European Researchers Journal. — 2018. — Vol. 4, No. 1. — P.35–39.
4. *Stankevich S.A., Lubskyi M.S., Forgac A.* Thermal infrared satellite imagery resolution enhancement with fuzzy logic bandpass filtering // The International Conference on Information and Digital Technologies (June 25–27, 2019, Zilina, Slovakia). — P.446–450.

## **What is needed colonization of comets**

*Steklov A.F.<sup>1,2</sup>, Vidmachenko A.P.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>2</sup>Interregional Academy of Personnel Management

<sup>3</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Short-period comets are considered to approach the Sun in less than 200 years. Among them there are such trajectories which intersects the Earth's orbit. Now known about 50 such comets, and therefore

they are called potentially dangerous. These include 73P/Schwassmann–Wachmann, 1P/Halley, 2P/Encke, 55P/Tempel–Tuttle, 103P/Hartley, 45P/Honda–Mrkos–Pajdusakova and some others [6]. For such short-period comets, their average life time is longer than the time of sublimation from the surface of many volatile substances. Therefore, it should be assumed that there are such comets that are currently extinguished because they have completely consumed their volatile substances. It is suspected that some of the present asteroids may well be cometary nuclei [5]. For example, the asteroid Betulia with a size of about 6 km and a geometric albedo of 6% — has an orbit with an eccentricity of 0.49 and a slope that are significantly different from the orbits of the asteroids. To extinct comets, apparently, include the asteroids (944) Hidalgo, (2201) Olijato and (3200) Phaethon, which also have significant eccentricity.

The construction of stations designed for long-term human existence in space will be a vital issue for our descendants. About relocation of people on other cosmic bodies will make you think when there is a threat to the existence of the Earth [3, 4]. That is, death can be avoided by conducting the colonization of other planets and satellites [1, 2, 7]. In this regard, we can say that the real possibility for the rapid construction of such a station, which could support the existence of mankind — is some cosmic structure. In 1977, Gerard O’Neal began to popularize a space settlement known as the O’Neal Cylinder. This design consisted of two huge cylinders nested into each other, which rotate in the opposite direction. The opposite of rotating such cylinders will be able to ensure the stability of the settlements and create a certain gravity there. The atmosphere formed there, its state and the environment, itself as a whole will have to be supported by the energy of the Sun and the nuclear power plant. In 2000, Tom Mackendry presented his giant version of the cylindrical settlement mentioned above, using special carbon nanotubes in the proposed design, rather than standard metals; it’s a living space larger than the United States. Karl Sagan at one time proposed for the future salvation of mankind an idea to transform and then colonize comets in the Solar System. The basic concept of vital activity on cometary nuclei according to Sagan is as follows.

Thousands of comets can cross perihelia of their orbits near the Earth’s orbit. An even greater their number are in the Oort Cloud. The total area of their surface can be estimated at about millions of Earth’s areas. All these comets could well be colonized by using the latest and most promising technology, and then redirected to the orbits necessary for humanity. Comet nuclei are rich in useful resources, ice, and chemical elements involved in organic compounds. This indicates that humanity will always have raw materials for industrial production, water for drinking, for obtaining oxygen, biological compositions for bioengineering and even as materials for the manufacture of rocket fuel. If we install a nuclear reactor and special engines there, then cometary nuclei can be used as real mobile

settlements in our Solar System. That is, humanity will be able to live on comets with nuclear power stations and move in outer space using special propulsion systems [8, 9]. In addition, a person is quite able to do the “melting” of comets in order to extract resources, minerals and fuel.

1. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.56–57.*
2. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.63–65.*
3. *Steklov A.F., et al. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.67–69.*
4. *Vid'machenko A.P. // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 1995. — 11(4). — P.14–16.*
5. *Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.91–93.*
6. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) MAO NASU, PH “Profi”, 388.*
7. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F. // Astronomical School's Report. — 2013. — Vol. 9(2). — P.146–148.*
8. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.21–23.*
9. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.18–21.*

## **Metals and mineral resources of asteroids**

*Steklov A.F.<sup>1,2</sup>, Vidmachenko A.P.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>2</sup>Interregional Academy of Personnel Management

<sup>3</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The minerals and volatile elements that are in the composition of the substance of asteroids and cometary nuclei may contain nickel, iron, titanium and minerals containing water. From the latter, it is possible to get water for vital needs [7–9], and by dividing it into components, we obtain oxygen, as well as hydrogen, as one of the main types of fuel for rockets. With the further development of outer space, it will simply be necessary to extract resources on other space bodies [1–3].

It is believed that the main part of iron, cobalt, molybdenum, manganese, nickel, osmium, gold, palladium, platinum, ruthenium and a number of other elements that are now mined in the upper part of the Earth's crust are remnants of asteroids that fell on the surface of our planet at early meteoroid bombardment in the first hundreds of millions of years after its inception. Indeed, more than 4 billion years ago, differentiation occurred in the depths of the Earth, in which most of the heavy elements settled on the planetary core [4–6]. This was the reason for the depletion of heavy elements in bark. For example, even an asteroid of spectral class

M, having a diameter of 1 km, can contain almost 2 billion tons of iron-nickel ore. And this is several times more than its annual production on Earth. The largest of the metal asteroids 16 Psyche contains  $1,7 \cdot 10^{16}$  tons of the same ore. And it is almost 5 orders of magnitude higher than the ore reserves in the crust of our planet.

Some of the asteroid material may well contain some precious metals too. The main factor in the payback of the mining industry on asteroids is the choice of the correctness of the trajectory of movement and the time of approaches to it; the mineralogical characteristics of the asteroid should also be taken into account. Asteroids approaching our planet are among the most important objects for their possible industrial use. Their close proximity greatly reduces the cost of redirecting cargo to Earth. Good examples of such bodies are asteroids 4660 Nerey, 2011 UW158, Ryugu, 1989ML, 2001 CC21, 65803 Didim, 1992 TC, 1943Anteros, 2002 DO3, 2001 SG10. The following acceptable options exist for extracting raw materials on asteroid bodies. For follow processing of the material — the asteroid can be moved entirely to the Earth or Moon orbits; ore can be mined on the asteroid itself and already delivered to the place of subsequent processing; it is also possible to process ore at the place of extraction and only then deliver the final material already received to the required place.

Such a high degree of ore processing at the place of its extraction reduces the cost of transporting ready-made materials. This method requires special equipment, which should work reliably in open space. If there is very little gravity, all equipment should be securely fastened. Therefore, after approaching the asteroid, it is possible to consolidate on its surface using a special harpoon projectile, which must be fired at the surface of the asteroid body. Its further deepening into the surface will serve as the anchor to which the winch can attract the entire probe, or its separate equipment to the surface. The required breed can be mined even by a career method. Indeed, many of the asteroids are covered with fragments formed during the fall of numerous meteorites [8]. On M-type asteroids, the surface is possibly covered with metal particles and can be assembled, for example, with a magnet.

Upon receipt of water, it is possible to decompose it directly on the surface of asteroids into hydrogen and oxygen. It is also possible to equip the mine. Then it will be necessary to build conveyors for the delivery of ore materials to the surface of the asteroid to the processing centers. In addition, self-replicating machines can be used. In some cases, it may be sufficient to have a high degree of automation of processes for the full performance of any resource extraction systems, while in others it is necessary to have a person on the asteroid body. People are also needed to repair and maintain equipment in working condition.

1. *Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A.* // Astron. Almanac. — 2007. — 53. — P.195–207.
2. *Vidmachenko A.P.* // Astronomical School's Report. — 2009. — Vol. 6(2). — P.131–137.
3. *Vidmachenko A.P.* // Astronomical School's Report. — 2012. — Vol. 8(2). — P.136–148.
4. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets. — Kyiv: MAO NASU Press, Ltd. Dia, 2012. — 255 p.
5. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* (2014) MAO NASU, NULESU, PH "Profi", 388.
6. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* // Astronomical School's Report. — 2014. — Vol. 10(1). — P.6–19.
7. *Vidmachenko A.P.* // Astron. Almanac. — 2015. — 62. — P.228–249.
8. *Vidmachenko A.P.* // Astronomical School's Report. — 2016. — Vol. 12(2). — P.14–26.
9. *Vidmachenko A.P.* // Astronomical School's Report. — 2017. — Vol. 13(1). — P.11–21.

## **Ways to colonize the Moon**

*Steklov A.F.<sup>1,2</sup>, Vidmachenko A.P.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>2</sup>Interregional Academy of Personnel Management

<sup>3</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Recently, more and more talk about the need for the colonization of the Moon — our nearest satellite [3]. The theme of space exploration and the colonization of other worlds based on their terraforming. That is, it is necessary to use modern terrestrial technologies for the selection of an acceptable human temperature, ecology, atmosphere, etc. This can be called terraforming the Moon. It is our satellite that is the most acceptable target, since it is relatively close to us, several manned missions have already been landed there, and we also have a significant amount of information about this object [4].

Both at NASA, and at the European Space Agency (ESA), and in Ukraine, considerable attention is paid to the subject of building a base on the Moon. The design bureau Yuzhnoye (Ukraine) is also working on a project for a base called the Lunar Industrial Research Base. It is proposed to create an association of interested countries and explore the moon first by unmanned vehicles. It is with their help planned to prepare a detailed mapping of its surface, perform reconnaissance to determine the composition of the main rocks on the Moon, and then it will be necessary to select the areas most suitable for the Lunar base. During this time, the main components of the base itself will be created: power plants, modules, transport, etc. After that it is necessary to create bases in some minimal

configuration. They must be equipped with systems that ensure the livelihoods of people, carrying out the necessary research and experiments, and also determine the regions for the placement of the main production areas.

One of the most famous lunar settlement projects is the “Moon Village”, prepared under the direction of Jan Werner from ESA. Its idea is similar to that developed in Ukraine, but special emphasis was placed on the need to use the Moon as a kind of testing ground for working out the basic technologies that will be needed when mastering other bodies in the Solar System. The project also provides for the creation of a lunar observatory [1, 2]. The Moon is closest to the Earth [7]. Therefore, the cost of its colonization will be minimal. But the natural satellite of the Earth has no atmosphere and there are very few volatile elements. Such problems can be solved if, for example, one learns to capture cometary nuclei, inside of which there is both water and volatile substances. In addition, the colony will be able to provide for itself using its own resources [5, 6, 8].

The chemical composition of the Moon is similar to our planet, and therefore they can be used as a protection against radiation. There is a lot of helium-3 in the top layer of soil, which can be used in fusion reactors. It should be remembered that moonlit nights last more than 14 Earth days, so for such a long time habitants should somehow survive without sunlight. Therefore, in settlements it will be necessary to have sources of heating for residential and industrial premises in order to neutralize significant daily fluctuations in temperature. Also, to create a closed system for developing lunar raw materials, it is necessary to learn how to extract water, oxygen, hydrogen fuel for spacecraft, etc. from the lunar soil. The absence of the atmosphere also makes it necessary to solve the problems of the meteorite threat by the construction of underground colonies and the use of nuclear reactors. Among all the objects in our system, the Moon is the cheapest option.

1. *Choliy V.Ya., et al.* (2017) 17 UConf. SR. — P.48.
2. *Choliy V. a., et al.* // XIX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Bila Tserkva, 2017). — P.78–79.
3. *Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P.* (2004) J. AIS, 36(11). — P.27–31.
4. *Shkuratov Yu.G., et al.* // ASR. — 2003. — 31(11). — P.2341–2345.
5. *Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V.* // KNiT. — 2004. — 10(5/6). — P.21–27.
6. *Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V.* (2005) 36LPSC, #1015.
7. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* (2014) MAO NASU, NULESU, PH “Profi”, 388.
8. *Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.5–7.

## **Differences in the expected and actual data about the object 2014 MU69**

*Vidmachenko A.P.<sup>1,2</sup>*

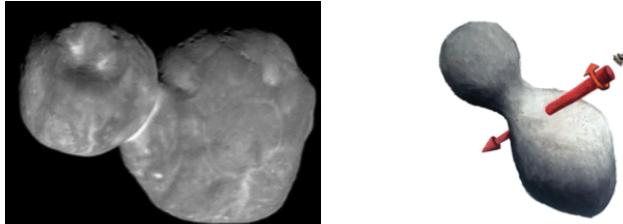
<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

After meeting with Pluto [3, 4, 7], the spacecraft (SC) "New Horizons" (NH) headed to a 1.6 billion km further on a small object with the number 486958 and marked 2014 MU69. According to the declared NASA competition, its greater fate (19 km) was called "Ultima" and smaller (16 km) — "Thule" [5, 6]. According to the classification of the Hubble space telescope (HST) it was called as 1110113Y. This is a small asteroid, which is a transneptunian object (TNO) from the Kuiper belt (KB) [1, 2, 8], which was discovered by means of HST during the upcoming 2014 search of the future goal of the NH probe. The first information about TNO was obtained during preparatory observations of June 26, 2014, with a magnitude 26.8<sup>m</sup>. The final choice for the MU69 as the next target was made in August 2015. The orbital characteristics of this classical PC object are: 44.63 AU large half-axis, perihelion 42.38 AU, aphelion 46.88 AU, eccentricity 0.05, orbital period 298.16 years, inclination of the orbit 2.45°. During more than three years of "sleeping" flight some of the spacecraft tools worked on obtaining data on magnetic fields, interplanetary dust and plasma. The device interrupted the sleep once a week, and sent a signal to the Earth, informing about the regular flight.

In order to reach the outskirts of MU69, in late October and early November 2015 four corrections were made to the SC trajectory. The next maneuver took place on 3.10.2018 with the release of 75 kg of fuel, on December 9, 2018, another 12 kg was released and about 9 kg remained for the next possible redirection of the mission. The active phase of rapprochement began one week before the meeting and ended 2 days after it. Almost all scientific data about MU69 was obtained within the few days at the nearest approach of 1.01.2019. At 5:26 from a distance of 6700 km, an image of an object with a spatial resolution of  $300 \times 140$  m/pixel was obtained. But it was taken to Earth only on January 19, 2019. After January 4, download data was suspended due to the fact that the SC entered the connection with the Sun. Data transfer resumed on January 10. On January 1, at 5:33 am in the world time, NH approached TNO for a minimum distance of 3500 km. After 3 hours and 47 minutes after this, the spacecraft completed the flying program and directed its antenna for communication with the Earth. The signal to the home "I am alive, performed a successful flight and scheduled surveillance program" was transmitted within 17 minutes. Due to a stay of 6.6 billion kilometers from Earth, the signal went to our planet 6 hours and 8 minutes, and did not contain any scientific data or images.

The first scientific message, lasting 3 hours and 20 minutes, contained a global overview of the MU69 object with a resolution of up to 300 m/pixel, with a total volume of 100 pixels, and was obtained on Earth on January 1; Within a few hours, a second scientific communication session lasted 6 hours 44 minutes, and then the third session lasted 15 hours 26 minutes, which reached the Earth on January 2. On the whole, a long flight near the MU69 facility made it possible to collect almost 50 GB of data. Due to the enormous distance and slow transmission speed of TNO to Earth — it will take almost 20 months.



**Figure 1**

Ultima Thule turned out to be a rather dark asteroid consisting of two parts, and is currently connected by a single jumper. Its brightest parts reflect up to 13% of sunshine and are located in lowlands and craters, and dark ones — up to 6%. By the nature of the rotation, it is similar to a propeller. Initial data analysis did not reveal evidence of a ring, or satellites in orbit with a diameter of over 1.6 km; also, no evidence found about availability atmosphere or comet comma. Both components have a practically identical red color similar to other classic icy objects of the Kuiper belt, which were observed by ground-based telescopes. This suggests that TNO is not a double but a single system that rotates around a common barycenter. It is believed that the spacecraft will continue to study the objects of Kuiper Belt until 2021.

1. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. // KPCB. — 2013. — 29(5). — P.237–242.
2. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) MAO NASU, NULESU. Kyiv, PH “Profi”. 388.
3. Vidmachenko A.P. // XVIII Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Kyiv, 2016). — P.12–14.
4. Vidmachenko A.P. // XVIII Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Kyiv, 2016). — P.10–12.
5. Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.14–16.
6. Vidmachenko A.P. // Astron. Almanac. — 2018. — 65. — P.227–238.
7. Vidmachenko A.P. // Astron. Almanac. — 2016. — 66. — P.217–229.
8. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. Physical parameters of terrestrial planets and their satellites. — Kyiv: Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine, 2019. — 468 p.

## **Unique metal asteroid — the goal of the future space mission**

*Vidmachenko A.P.<sup>1,2</sup>, Steklov A.F.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>3</sup>Interregional Academy of Personnel Management

Asteroid 16Psyche was discovered on March 17, 1852 by the Italian astronomer A. de Gasparis. For 4.99 years, it revolves around the Sun in a slightly elongated orbit with an eccentricity of 0.13, a semi-major axis 2.92 AU, a perihelion of 2.52 AU, an aphelion of 3.32 AU; according to observations of star coatings, its dimensions are  $240 \times 185 \times 145$  km with a mass of  $2.27 \cdot 10^{19}$  kg and a possible density of 3.3 to 6.5 g/cm<sup>3</sup>; this corresponds to values for a range of ferrous and non-ferrous metals; The rotation period around the axis is  $\approx 4.2$  hours with an average temperature on the surface of 160 K. According to the main hypothesis, Psyche is the core or large metal fragment of the protoplanet core, which at the early stage of the formation of the Solar System collapsed during collision with another celestial body.

According to estimates, this asteroid consists of elements similar to the iron-nickel core of the Earth. Also managed to detect a small amount of pyroxenes [1]. But there may be a lot of metals heavier and more valuable than iron and nickel. In addition, information obtained using an IRTF infrared telescope shows that there are signs of the presence of water or hydroxyl on the surface of Psyche. Probably, water could get on Psyche together with small asteroids containing volatile substances: carbon, hydrogen and water [2–4]. And the future mission to Psyche should help determine where the signal comes from: from water or from hydroxyl [7, 8]. In addition, if Psyche was a remnant of some parent body, then one would expect the presence of other fragments of this body in close orbits. However, observations show their complete absence.

It is possible that the above catastrophe occurred at the very beginning of the formation of the solar system, and then all the traces of the collision could have been dispersed over the past time [6]. Studies have also shown the presence of a rather high thermal inertia of the surface layer, which is an order of magnitude higher than that for most large bodies of the main asteroid belt. It is also assumed that Psyche may have a much more noticeable magnetic field than other asteroids [5]. NASA's space experiment is planning to explore the Psyche asteroid from a flyby orbit. The device was planned to be launched in October 2023 and after gravitational maneuvers near the Earth in 2024 and near Mars in 2025 it should arrive at the asteroid in 2030. A year after arrival, the probe should begin to approach in an orbit with a maximum asteroid approximation of about 105.5 km.

After additional calculations, it was decided to send a probe to the

asteroid a year earlier. This will allow not to use heat shields, not to make an additional gravitational maneuver near the Earth, and thus the probe will reach the asteroid 4 years earlier — in 2026, having completed only one gravitational maneuver near Mars in 2023 [9]. After arriving at the asteroid, the device is supposed to be put into a circular orbit to conduct a topographical survey of the surface, study its features and elemental composition, and study the gravitational and magnetic fields of the asteroid.

Note that the metal asteroid 16 Psyche contains such amount of iron-nickel ore, which is more than 120 thousand times its reserves in the Earth's crust. This amount, for example, could be enough to meet the needs of humanity for several million years.

1. Hardersen P.S., et al. // Icarus. — 2005. — 175(1). — P.141–158.
2. Takir D., et al. // Astron. J. — 2016. — 153(1). — P.31–36.
3. Vidmachenko A.P. // Astronomical School's Report. — 2016. — Vol. 12(2). — P.14–26.
4. Vidmachenko A.P. // Astronomical School's Report. — 2017. — Vol. 13(1). — P.11–21.
5. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) MAO NASU, NULESU, PH "Profi", 388.
6. Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. // Astron. Almanac. — 2007. — 53. — P.195–207.
7. Vidmachenko A.P. // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.91–93.
8. Vidmachenko A.P. // Astron. Almanac. — 2015. — 62. — P.228–249.
9. <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=6854>

## **Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System**

*Vidmachenko A.P.<sup>1,2</sup>, Steklov A.F.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>3</sup>Interregional Academy of Personnel Management

We believe that the processes of formation of natural resources on Earth are distinguished by their uniqueness. This is due, for example, to the fact that there are such minerals on our planet that were formed due to the presence of plant organic matter here. Tectonic activity and volcanic activity of our planet have a significant impact on these processes [6]. Such fossils as coal, oil, gas in our Solar System can hardly be found anywhere else. After all, only on Earth there were periods in its history, when plants grew, died, decomposed, and in some places formed coal, in others — oil and natural gas. With the growth of consumption of minerals and the depletion of their reserves on Earth, mankind will inevitably have to start mining minerals in space.

In the Solar System, there is now the Sun, 4 terrestrial planets, 4 giant planets, their satellites, about a dozen dwarf planets, perhaps a couple of millions of asteroids with a size of more than a kilometer, as many ice cometary nuclei, etc. [15]. In order to make a conclusion about the feasibility of starting the extraction of a certain natural resource in a certain place in outer space, it is necessary to consider the technology of its extraction. Exploration of resources in space should help the development of appropriate mining technologies. And robotics can have a significant impact on this. But without new resources, it will still be impossible to ensure the development of society and its economic growth. After all, both on Earth and when creating settlements in space, on asteroids, on other planets and satellites, etc. it will be necessary to provide them with energy, metals, other resources [2, 3]. This leads to the economic need to look for deposits of resources, to extract and process them into the necessary materials and at the lowest possible price. For hundreds of years past, while man extracts resources on Earth, practically everything that can be found without special efforts has been extracted.

Further recourses mining on our planet is already leading to an increase in their value. Therefore, it is inevitable that minerals should be mined in space [7, 8]. To do this, you need to know about the existence of certain resources and find their location in space bodies. Expansion of new technologies, capabilities, robotics will allow more efficient exploration of various fields that would make economic sense for their development. The most different processes on asteroids, planets, their satellites, etc. lead to the formation of various natural resources. Various space missions allow you to better understand exactly where and what resources to look for [11, 13–16]. But conditions on other bodies of the Solar system differ significantly from those of the earth [10, 12]. And efforts there can take many times more time, and the method of mining will be radically different. One of the main problems is providing the space colony with the necessary resources. Their supplies from Earth will be of the greatest value. Although at first it will be almost impossible to do without them.

But with the growth of the space colony, it will have to switch to self-sufficiency. Therefore, it is necessary to clearly understand which mineral resources can be found on different bodies in the solar system, which of the objects will be in space the most profitable from the point of view of the availability of various natural resources. Planet Mercury is closest to the Sun. The most valuable resource on the planet is topsoil, in which a lot of helium-3 is found. After all, it is planned to use it when receiving energy without radioactive waste. There is reason to believe that there is a large amount of magnesium, sulfur, and various ores. On Venus, instead of water, sulfuric acid was found in the clouds, there is a lot of lead and bismuth in the soil. But proximity to the Sun leads to the fact that the temperature on its surface reaches +500°C. Therefore, on Venus, resource

extraction will be a very difficult task for a very long time. Mars through comparative proximity to our planet is considered the most favorable for colonization [9]. Especially since billions of years ago this planet looked like Earth. Recently, significant water reserves have been discovered under the surface. More data from the "Vikings" showed the presence of copper, iron, even gold, etc. Significant reserves of resources, besides terrestrial planets, have been found on some satellites, such as the Moon, Europa, Io, Ganymede, Callisto, Enceladus, Titan and others [4]. The concept of "mining" in space will differ significantly from what we usually mean on Earth. Cosmos is a very dangerous place. For example, a very high temperature in the Sun indicates that it will never be possible to extract resources on its visible surface.

The concept of "mining" in space will differ significantly from what we usually mean on Earth. Cosmos is a very dangerous place. For example, a very high temperature in the Sun indicates that it will never be possible to extract resources on its visible surface. But even at great distances from the Sun with the help of a solar panel, its resource in the form of energy can be obtained in abundance. Significant impact on the cost of prospecting deposits and the very mining of minerals will have factors such as gravity and vast distances, being in direct dependence on them. Over time, new technologies, research methods will appear, the economy will change and therefore the availability of different resources will make some fossils more necessary, others less necessary. In perspective, almost any object around the Sun has significant potential with respect to mining, both on small asteroids and on the Sun. Opportunities to extract recourses at each historical stage will determine the development of the necessary technologies, the state of the terrestrial economy, a change in ideas about the development of recourses themselves.

1. *Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. // Astron. Almanac. — 2007. — 53. — P.195–207.*
2. *Vidmachenko A.P. // Astronomical School's Report. — 2009. — Vol. 6(2). — P.131–137.*
3. *Vidmachenko A.P., et al. // Astronomical School's Report. — 2011. — Vol. 7(1). — P.133–144.*
4. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets. — Kyiv: MAO NASU Press, Ltd. Dia, 2012. — 255 p.*
5. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) MAO NASU, NULESU PH "Profi", 388.*
6. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. // Astronomical School's Report. — 2014. — Vol. 10(1). — P.6–19.*
7. *Vidmachenko A.P. // Astron. Almanac. — 2015. — 62. — P.228–249.*
8. *Vidmachenko A.P. // XVIII Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Kyiv, 2016). — P.12–14.*

9. *Vidmachenko A.P.* // XVIII Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Kyiv, 2016). — P.16–17.
10. *Vidmachenko A.P.* // Astronomical School's Report. — 2016. — Vol. 12(2). — P.14–26.
11. *Vidmachenko A.P.* // Astronomical School's Report. — 2017. — Vol. 13(1). — P.11–21.
12. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* (2018) Mercury, Proceedings, Maryland, LPI Co. 2047, id.6015.
13. *Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.5–7.
14. *Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.17–18.
15. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.18–21.
16. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.56–57.

## **Once again about the “asteroid taxi” in exploration of Solar system**

*Vidmachenko A.P.<sup>1,2</sup>, Steklov A.F.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>3</sup>Interregional Academy of Personnel Management

For living in the Solar system should use a variety of celestial bodies. They need to be transformed in order to become suitable for long-term habitation. With the help of a certain number of space stations, it is important to ensure that the entire interplanetary space is suitable for finding a person there. To this end, a methodology should be developed for the construction of special settlements on small bodies. Then you need to equip such settlements (a kind of “technosphere”) on such bodies as asteroids, cometary nuclei, satellites of planets and even on some planets. At the same time, it is necessary to learn how to extract, process and use own resources at the listed facilities.

Now it is increasingly being said that asteroids need to be colonized for the purpose of industrial development of their resources. And asteroids approaching the Earth are the primary objects for such purposes. Indeed, at such facilities it is possible to extract construction materials, metals, water, energy resources, etc., and this significantly reduces the cost of transporting cargo to Earth's orbit. Water can be decomposed into the necessary oxygen to supply the settlements, and to hydrogen, which can be used for rocket fuel, and to provide energy to the colonies.

For the successful implementation of these concepts in the near future it is necessary to reduce the cost of arrangement of settlement by several orders of magnitude. And then even a country with an average budget will

be able to create its own home like an artificial planet (“technosphere”), and support its vital functions. A good example of one of the most promising for the development of an asteroid is (4660) Nerey. It has a small value of the first cosmic velocity, and this makes it quite easy to lift the extracted materials from its surface. The ultimate goal of such preparatory work should be the creation of specialized spaces with the placement of long-term populated areas on small bodies and space stations in interplanetary space. An important element in solving such problems should be the creation of transport systems for communication between the above bodies and the transfer of basic resources between them.

For this purpose, the most appropriate is the need to study the orbits of periodic asteroids and cometary nuclei that are close to Earth. It is also necessary to carefully examine other permanent “routes” of bodies with elongated and close to circular orbits. There is a specific problem of the correction of the orbits of such objects. After all, sometimes the orbit should be changed from circular to elongated and vice versa. Such a need arises in order to make them convenient for moving between different places, where at the given moment there will be the most suitable place and conditions for the life and activities of the settlers, and for keeping in touch with the mother planet. At the same time, techno-spheres having elongated orbits — are more advantageous for mastering the Solar System, and those with circular ones — are better suited to maintain a certain industrial cycle with a certain specialization. The specialization of the chosen technosphere will depend on the presence on the specific planetoid of mine workings and/or the chosen high-tech production process.

Advantageous is the implementation of the fullest possible processing of raw materials in this technosphere, with the ability to produce the final product there. And only then — to transport finished products to the selected place. About a hundred of such artificial planets will represent a kind of space reserve for the future civilization of the Solar system, leaving the Earth as a mother planet. One of the main factors in calculating the payback of a particular base for production is the choice of its movement trajectory, and the time of approach to the base. This will help assess the potential market for the extracted resources on asteroids, and calculate the subsequent profit. It is worth noting that due to low gravity and some other parameters of a particular technosphere, settlers may well change some features of their life cycle. Under such conditions, some of the new settlers in the solar system are likely to turn into a new person.

1. *Burlak Ol., et al. (2010) 38COSPAR SA, 11.*
2. *Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. // JAIS. — 2004. — 36(11). — P.27–31.*
3. *Steklov A.F. Vidmachenko A.P. (2018) Mercury, LPICo 2047, id.6015.*
4. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F. // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.18–21.*

5. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.21–23.
6. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.56–57.
7. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.58–60.
8. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.61–63.
9. *Steklov A.F., Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.63–65.
10. *Steklov A.F., et al.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.65–67.
11. *Steklov A.F., et al.* // XX Intern. scientific conf. "Astronomical School of Young Scientists" (Uman, 2018). — P.67–69.
12. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets. — Kyiv: MAO NASU Press, Ltd. Dia, 2012. — 255 p.
13. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. — Kyiv: Editorial and publishing department of NULES of Ukraine, 2017. — 412 p.
14. *Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A.* // Astron. Almanac. — 2007. — 53. — P.195–207.

## **Minerals will be mined on the Moon**

*Vidmachenko A.P.<sup>1,2</sup>, Steklov A.F.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

<sup>3</sup>Interregional Academy of Personnel Management

On the Moon, large amounts of various resources have already been discovered, starting with gases, water, minerals, and ending with metals [1, 3, 9]. For example, huge amounts of such an isotope as helium-3 were found there. It is potentially interesting in use as a fuel in nuclear fusion. Modern atomic reactors use atomic decay energy, whereas in nuclear synthesis, hydrogen atoms combine to form helium. At the same time, a huge amount of energy is released. Since the atmosphere on the Moon is absent, it means that its surface was bombarded by charged particles for billions of years, and a significant part of them could penetrate into such a surface. These particles could also be helium-3, which can now be extracted by heating the lunar rock and then collecting the produced gas. The amount of helium-3 thus available can be measured in hundreds of millions of tons. And its development can be done in an open way. Nuclear fusion of this type is a much more environmentally friendly process for the reason that it does not release additional neutrons. Moreover, of the energy

itself is produced much more than during the passage of the fission reaction. And, moreover, during nuclear fusion, there are no such unpleasant consequences as the presence of a significant amount of radioactive waste.

Helium-3 on Earth is available in very small quantities. Therefore, now, while nuclear fusion is not developed enough, a kilogram of this substance is worth millions of US dollars. If you have to extract this substance at outside of the Earth, then it would be most logical to start searching on the surface of the Moon. According to some data, the delivery of a kilogram of substance to the moon by spacecraft is now \$ 25,000 US. Thus, all resources extracted in space should have a high demand for a quick payback of expenses at each launch. This is especially important for the prospects of developing appropriate resources beyond the orbit of the Moon. Water is another type of potentially important resource. After all, it is necessary to provide by water each of the subsequent missions to deep space. Thorough studies show the presence of billions of tons of water ice on the Moon, both in the near-polar craters, where temperatures can drop to 50 K, and on the rest of the surface at a certain depth.

It is there that the water ice is supposed to be melted and then the resulting water must be cleaned. Further, water can be converted to O<sub>2</sub> and to hydrogen peroxide; after that, these gases should be condensed into liquid oxygen, hydrogen, hydrogen peroxide. These chemicals are a potential type of rocket fuel. That is, the extracted water can be used to turn into rocket fuel while providing communication on the lower part of the near-Earth orbit, conducting space tourism, removing space debris, ensuring human activity on the Moon and in more remote areas of space [8]. Also, unmanned all-terrain vehicles can be delivered to the moon in order to explore possible water deposits. A full mining of existing minerals on our satellite will become a reality only after the creation of a permanent special base on the surface, or under it, permanently [2, 4–7].

1. *Bandfield J.L., et al.* // Nature Geoscience. — 2018. — 11(3). — P.173–177.
2. *Burlak Ol., et al.* (2010) 38COSPAR SA, 11.
3. *Jedicke R., et al.* // PISS. — 2018. — 159. — P.28–42.
4. *Morozhenko A.V., Vid'machenko A.P.* // JAIS. — 2004. — 36(11). — P.27–31.
5. *Shkuratov Yu.G., et al.* // ASR. — 2003. — 31(11). — P.2341–2345.
6. *Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V.* // KNiT. — 2004. — 10(5/6). — P.21–27.
7. *Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V.* (2005) 36 LPSC, #1015.
8. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* (2014) MAONASU, NULESU book, 388.
9. *Vidmachenko A.P.* // XX Intern. scientific conf. “Astronomical School of Young Scientists” (Uman, 2018). — P.91–93.

## Зміст

Програма роботи конференції .....	3
<i>Альперт С.І.</i> . Застосування теорії нечітких множин при класифікуванні гіперспектральних космічних зображень .....	4
<i>Андрієвський І.І., Пашко М.І.</i> Проблематика побудови та безпеки космічних ліфтів .....	5
<i>Беленок В.Ю., Фролов Г.О.</i> Важливість точних знань про середню морську поверхню при аналізі альтиметричних даних .....	6
<i>Видъмаченко А.П.</i> Ще на одному супутнику Сатурна Діоні може бути глобальний океан .....	7
<i>Видъмаченко А.П.</i> Возможная жизнь в океане на спутнике Энцелад .....	9
<i>Видъмаченко А.П., Стеклов А.Ф.</i> Материал астероидов и кометных ядер можно изучать круглый год на орбите Земли .....	11
<i>Видъмаченко А.П., Стеклов А.Ф.</i> Миссии к астероидам .....	13
<i>Видъмаченко А.П., Стеклов А.Ф.</i> Активная тектоническая деятельность на спутнике Европа .....	15
<i>Голубаєв О.В., Мозгова А.М., Коняєва Є., Голуб Д.</i> Результати обробки даних відео-спектральних базисних спостережень метеорів у Харкові .....	17
<i>Доскіч С.В., Гащук І.Т., Шпак Ю.Ю.</i> Визначення та моделювання рухів земної поверхні за даними GNSS-спостережень .....	17
<i>Дъоміна І.І.</i> Аналіз необхідності розробки бази геопросторових даних для потреб бджільництва .....	18
<i>Железняк О.О., Завізіон О.В., Терещенко А.О.</i> Особливості динаміки контактної взаємодії тіл у самогравітуючих системах .....	19
<i>Железняк О.А., Терещенко А.А.</i> О динамической фигуре, приливах и вращении небесных тел .....	20
<i>Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П.</i> О методах оценивания некоторых характеристик метеоридов по следам вторжений .....	20

<i>Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П.</i>	
Высокочастотные фотометрические изменения в метеорном следе из потока Лириды .....	22
<i>Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П.</i>	
Волна разрежения в метеорном следе .....	24
<i>Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П.</i>	
О вращении метеороидов .....	26
<i>Жиляев Б.Е., Верлюк И.А., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П.</i>	
Винтовые траектории вторжений и взрывы метеороидов.....	28
<i>Жиляев Б.Е., Видъмаченко А.П., Стеклов А.Ф.</i> Хорватский болид .....	30
<i>Захожай О.В.</i> Захожай В.А. та дослідження екзопланет в Україні .....	33
<i>Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й.</i> Геомеханічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині: астрофізичний аспект .....	33
<i>Ігнатишин А.В. Ігнатишин В.В., Ігнатишин В.В. (мол.)</i> Зв'язок аерофізичного стану із геомеханічним станом геологічних структур Закарпаття за 2019 рік .....	35
<i>Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин В.В.</i> Гідрологічні фактори впливу на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину .....	36
<i>Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Вербицький С.Т.</i> Радіоактивний фон регіону та його зв'язок з динамікою горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2019 рік .....	38
<i>Іщенко М.В., Соболенко М.О., Берцік П.П.</i> Прояв ефекту Лідов–Козая при злитті системи потрійних надмасивних чорних дір в галактиці NGC 6240.....	39
<i>Максютов А.О.</i> Антропогенні трансформації Скибових Карпат в межах Турківського району .....	41
<i>Марченко О.М., Островський А.В.</i> Результати попередньої обробки 9 альтиметричних місяці на інтервалі 15 років .....	43
<i>Масимова А.В.</i> Профиль линии $\text{H}\alpha$ в спектре сверхгиганта HD 208501 (B8 Ib) .....	44
<i>Михальчук В.В.</i> Распределение годов по дням недели в календарном солнечном цикле .....	46

<i>Назаревич Л.Є., Назаревич А.В.</i> Особливості зв'язку сейсмічності зон Карпатського регіону України з фазами 11-річних циклів сонячної активності .....	47
<i>Невмержицька О.А., Петруха В.Ю., Янків-Вітковська Л.М.</i> Дослідження параметрів атмосфери Землі за допомогою ГНСС технологій .....	48
<i>Неогененко Р.Г.</i> Вплив додаткової негравітаційної взаємодії між динамічною темною енергією і темною матерією на еволюцію космологічних збурень.....	49
<i>Орленко Т.А.</i> Дослідження зсувних процесів правобережжя Канівського водосховища .....	50
<i>Согор А.Р., Голубінка Ю.І., Согор М.А.</i> Web-картографування забруднення поверхневих вод Львівщини .....	52
<i>Станиславський Л.О., Бубнов І.М.</i> Використання прототипу антени місячного радіотелескопу для спостережень сонячного U-сплеска .....	53
<i>Степчук Я.А.</i> Наносупутники як інновація в сучасних системах моніторингу .....	54
<i>Ткаченко І.А., Краснобокий Ю.М., Підгорний О.В.</i> Застосування методологічних підходів у фаховій підготовці майбутнього вчителя фізики та астрономії .....	56
<i>Фис М.М., Согор А.Р., Бридун А.М., Согор М.А.</i> Оцінка точності величин, що визначаються з функціональних залежностей .....	58
<i>Хазанович Ю.Ю., Неводовський П.В., Відьмаченко А.П., Гераймчук М.Д., Стеклов О.Ф.</i> Про використання фотометра-полариметра для дослідження атмосфери Венери .....	59
<i>Хижняк А.В., Лубський М.С., Шевчук Р.М., Голубов С.І.</i> Оцінка стану історичного центру Києва за результатами аналізу довготривалих часових серій даних дистанційного зондування Землі .....	61
<i>Шевчук О.Г.</i> Визначення спектральних рівнів засвічення нічного неба в залежності від метеорологічних факторів .....	62
<i>Belskaya I.N.</i> Optical polarimetry in study atmosphereless small Solar System bodies .....	63
<i>Berdina L.A., Tsvetkova V.S.</i> Reverberation mapping: what it is about .....	64

<i>Golubaev A., Kartashova A., Mozgova A., Chuvashov I., Bolgova G., Glazachev D., Efremov V.</i> Investigation of the Ozerki meteorite parameters .....	64
<i>Kozyrovska N.O., Vidmachenko A.P., Steklov A.F.</i> Determina- tion of biosafety of nano-vesicles and viruses in astromaterials	65
<i>Kravtsov I.P., Zakharenko V.V., Vasylieva I.Y., Ulyanov O.M., Konovalenko O.O., Shevtsova A.I., Yerin S.M.</i> The first detection of 20 pulsars and the repetitive sporadic decame- ter radio emission source in decameter wavelength range.....	68
<i>Krivodubskij V.N.</i> Solar cycle memory interval .....	69
<i>Lipatova V.V., Golubov O.</i> Milky Way disk modeling. Features and analysis .....	70
<i>Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P.</i> Dust can affect on the mastering of Mars .....	71
<i>Ovsak O.S., Vid'machenko A.P., Vashchenko V.M., Loza Ye.A., Shpig V.M.</i> The method for reconstruction of the atmo- sphere multimode aerosol component parameters from spec- tral polarimetric measurements .....	73
<i>Ovsak O., Nevodovskyi P., Vidmachenko A., Ivakhiv O., Zbrutskyi O., Geraimchuk M.</i> On use of polarimetric measurements to study aerosols in the Earth's atmosphere ....	75
<i>Serheyeyva K.V., Golubov O.</i> Dynamical evolution of binary asteroids .....	77
<i>Slyusarev I., Glezina D.O.</i> Taxonomy of asteroids: past and future .	78
<i>Stankevich S.A., Piestova I.O., Lubskyi M.S.</i> Satellite remote sensing data superresolution techniques .....	79
<i>Steklov A.F., Vidmachenko A.P.</i> What is needed colonization of comets .....	80
<i>Steklov A.F., Vidmachenko A.P.</i> Metals and mineral resources of asteroids .....	82
<i>Steklov A.F., Vidmachenko A.P.</i> Ways to colonize the Moon .....	84
<i>Vidmachenko A.P.</i> Differences in the expected and actual data about the object 2014 MU69 .....	86
<i>Vidmachenko A.P., Steklov A.F.</i> Unique metal asteroid — the goal of the future space mission .....	88
<i>Vidmachenko A.P., Steklov A.F.</i> Mineral resources can be mined on different bodies of the Solar System .....	89

<i>Vidmachenko A.P., Steklov A.F.</i> Once again about the “asteroid taxi” in exploration of Solar system.....	92
<i>Vidmachenko A.P., Steklov A.F.</i> Minerals will be mined on the Moon .....	94

## **Наукове видання**

Під загальною редакцією

д.ф.-м.н., проф. *Железняка О.О.*  
(Національний авіаційний університет, Київ)

Технічний редактор *Терещенко А.О.*

Видано 100 екз.