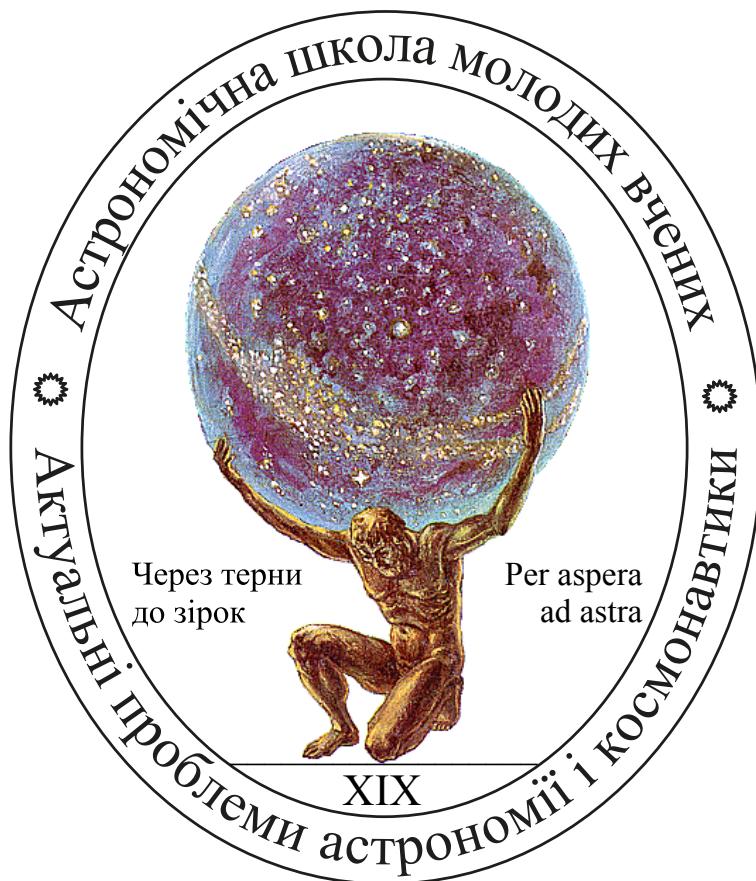


Міністерство освіти і науки України  
Національний авіаційний університет  
Комунальний вищий навчальний заклад Київської  
обласної ради «Академія неперервної освіти»

Міжнародна наукова конференція  
**Астрономічна школа молодих вчених**  
Україна, Біла Церква, 24–25 травня 2017 р.  
Програма і тези доповідей



Через терни  
до зірок

Per aspera  
ad astra

Біла Церква. 2017

Конференція організована кафедрою аерокосмічної геодезії Національного авіаційного університету та Комунальним вищим навчальним закладом Київської обласної ради «Академія неперервної освіти» за сприяння Української астрономічної асоціації.

---

**Науковий оргкомітет:** *В.Шмаров* (співголова), *В.Захожай* (співголова),  
*О.Железняк* (вчений секретар).

**Члени оргкомітету:** *С.Андрієвський* (Україна), *І.Андронов* (Україна),  
*В.Бурачек* (Україна), *А.Відьмаchenko* (Україна), *А.Гулієв* (Азербайджан),  
*Х.Ібадінов* (Таджикистан), *В.Івченко* (Україна), *П.Зазуляк* (Україна),  
*О.Коноваленко* (Україна), *О.Кривов* (Німеччина), *М.Маров* (Росія),  
*М.Міщенко* (США), *С.Нінкович* (Сербія), *Б.Новосядлий* (Україна),  
*С.Нурітдинов* (Узбекистан), *П.Флін* (Польща), *А.Чернін* (Росія),  
*Я.Яцків* (Україна).

---

**Місцевий оргкомітет:** *В.Рогова* (голова), *І.Осадчий* (заступник), *А.Довгань*,  
*О.Дем'яненко*, *В.Совенко*, *А.Терещенко* (секретар)

Молоді вчені надсилають на адресу наукового комітету Астрономічної школи свої дослідження, тематика яких не обмежується науковими напрямками конференції. Астрономічна експертна рада уважно розглядає ці наукові роботи і рекомендує до друку у провідних наукових журналах.

Публікації наукових доповідей будуть здійснюватися в журналі “Вісник Астрономічної школи”, який визнаний ВАК України фаховим та індексується наукометричними базами Index Copernicus, NASA Astrophysics Data System (ADS), Google Scholar, Universal Impact Factor.

Термін подання матеріалів до “Вісника Астрономічної школи” — до 1 серпня 2017 р. за адресою наукового оргкомітету. Доповіді на замовлення (лекції) — до 16 стор., для всіх інших — до 8 стор. Рукопис подається у твердій копії в двох екземплярах українською, російською або англійською мовою. Резюме (абстракт) англійською та російською мовами. Текст доповіді оформляється в L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X з використанням стандартного класу article або в Microsoft Word. Малюнки подаються як окремі файли в форматі EPS чи в одному з популярних растрових форматів. Необхідно пересилати статті електронною поштою у вигляді архіву. Детальніше про вимоги до оформлення див. <http://astro.nau.edu.ua/uk/author/instructions.html>

**Адреса наукового оргкомітету:**

03058 м. Київ, пр. Космонавта Комарова, 1, Національний авіаційний університет, Київ, кафедра аерокосмічної геодезії, корпус 3, к.524. *А.Терещенко*  
Тел. (044) 406-79-95

E-mail: [oleg\\_zheleznyak@yahoo.com](mailto:oleg_zheleznyak@yahoo.com), [ter\\_andrew@yahoo.com](mailto:ter_andrew@yahoo.com)

## **Програма роботи конференції**

### **24 травня (середа)**

$8^{00} - 10^{00}$	<b>Заїзд та реєстрація учасників конференції</b> (Академія неперервної освіти)
$10^{00} - 10^{30}$	<b>Відкриття конференції</b> Виступ голови місцевого оргкомітету, директора департаменту освіти і науки Київської обласної державної адміністрації <i>Рогової В.Б.</i>
	Виступ співголови наукового оргкомітету д.ф.-м.н., проф. <i>Захожая В.А.</i>
$10^{30} - 19^{00}$	<b>Пленарне засідання</b> (головуючий — проф. <i>Железняк О.О.</i> )
$10^{30} - 11^{10}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Лозицький В.Г.</i> (Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка) “Актуальні проблеми фізики Сонця”
$11^{10} - 11^{50}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Відьмаченко А.П.</i> (Головна астрономічна обсерваторія НАН України) “Про можливі форми життя в Сонячній системі”
$11^{50} - 12^{30}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Андрієвський В.Н.</i> (Астрономічна обсерваторія Одеського національного університету імені І.І. Мечникова) “Актуальні проблеми зоряної еволюції”
$12^{30} - 13^{10}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Захожай В.А.</i> (Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна) “Статистичні зв’язки та закономірності в астрофізиці та зоряній астрономії”
$13^{10} - 13^{50}$	д.ф.-м.н., проф. <i>Железняк О.О.</i> (Національний авіаційний університет, Київ) “Особливості орбітально-обертового руху супутників планет”
$13^{50} - 15^{00}$	<b>Обід</b>
$15^{00} - 19^{00}$	Доповіді молодих вчених
$19^{00}$	<b>Вечеря</b>

### **25 травня (четвер)**

$9^{00} - 10^{00}$	<b>Сніданок</b>
$10^{00} - 17^{00}$	<b>Війзнє засідання “Таланти об’єднують Всесвіт”</b>
$11^{00} - 13^{00}$	Наукова дискусія
$13^{00} - 14^{00}$	<b>Обід</b>
$14^{00} - 17^{00}$	Доповіді молодих вчених
$17^{30}$	<b>Від’їзд учасників конференції</b>

## **Еволюція зір і елементи космохімії**

*Андрієвський С.М.*

Астрономічна обсерваторія Одеського національного  
університету імені І.І. Мечникова

Представлені елементи теорії зоряної еволюції: від формування протозір різних мас до кінцевих етапів еволюції маломасивних зір, зір помірних мас, масивних і надмасивних зір. Надано інформацію по різних термоядерних циклах, які є відповідальними за виробництво енергії в зорях різних мас.

Окремо розглянуто питання про синтез ядер хімічних елементів у зорях і забагачення міжзоряного середовища елементами, важчими за гелій.

Уся сукупність процесів хімічної еволюції в космосі спрямована на створення умов для виникнення і підтримання життя, про що теж коротко говориться в презентації.

## **Спектральная переменность зезды сверхгиганта HD187982**

*Балогланов А.Ш.*

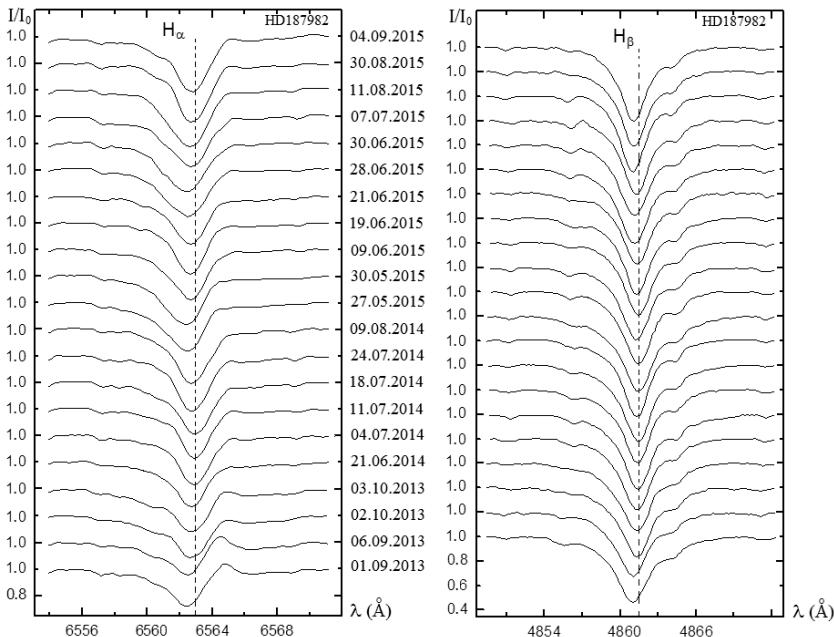
Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана

Спектральные наблюдения звезда HD187982 были выполнены в период 2013–2015 гг. в кассегреновском фокусе 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана с применением эшелле-спектрометра, собранного на базе спектрографа UAGS. В качестве приемника излучения была использована ПЗС-матрица с  $530 \times 580$  элементами. В каждую наблюдательную ночь было получено 2 спектра исследуемой звезды. Средняя экспозиция 600 сек, в зависимости от качества изображения.

В данной работе проводятся исследования изменения структуры и спектральных параметров профилей линий  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $HeI$  5876Å,  $FeII$  (4924Å, 5018Å, 5169Å) и дублета натрия NaID в спектре сверхгиганта HD187982.

В спектре сверхгиганта HD187982 в красном крыле профиля линии  $H_{\alpha}$  возникают и исчезают эмиссионные компоненты (рис. 1). В активной фазе атмосферы звезды эта линия имеет нормальный РСуг профиль. Все измеренные параметры ( $Vg$ ,  $W$ ,  $R$ ) профилей линий  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  и профиля линии  $FeII$  в 2013–2015 гг. показывают переменность в течение месяца и меньше. Изменение параметров происходит либо синхронно, или происходит в противофазе. Все эти факты указывают на то, что в областях атмосферы этой звезды, где эффективно формируются исследуемые линии, происходит истечение вещества, меняются значения и направление скорости, наблюдаются движения типа пульсаций.

Полученные результаты можно использовать для дальнейшего анализа химического состава и определения фундаментальных параметров атмосферы, а также для построения теоретической модели этой звезды.



**Рис. 1.** Профили линий  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  в спектре сверхгиганта HD187982, полученные в разное время

## О проблеме экологической безопасности Крыма

Вольвач А.Е., Курбасова Г.С.

Крымская астрофизическая обсерватория

Решение проблемы прогноза катастрофических природных и техногенных явлений в Крыму связано с организацией комплексных наблюдений в сети локальных геодинамических полигонов.

Крымский полуостров расположен вблизи границы Евроазийской литосферной плиты. Деформации и движения этой плиты на длительном интервале времени оказывали и оказывают в настоящее время влияние на активизацию внутри земных процессов (землетрясения, вулканы, сели). Комплексное изучение планетарных, региональных и местных геодинамических процессов является необходимым условием прогноза любых катастрофических природных явлений. Для изучения возникающих и развивающихся деформационных процессов, движений литосферных плит создаются геодинамические полигоны, экспериментальное оборудование которых реализует проведение комплексных наблюдений методами радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ), лазерной локации искусственных спутников (ЛЛС), спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС.

Актуальность проблемы создания сети локальных геодинамических полигонов и единого центра обработки наземных и спутниковых наблюдений климатических, геодинамических и гелиогеофизических наблюдений необходимо,

в связи с прогрессирующим нарастанием различного рода критических деформаций земной поверхности Крыма, а также сопровождающими эти деформации разрушениями различных объектов жизнеобеспечения людей и ухудшением экологической обстановки.

В Крыму создан и частично оснащён необходимой аппаратурой для комплексных наблюдений геодинамический полигон «Симеиз–Кацивели». В настоящее время проводимые на этом полигоне наблюдения участвуют в решении задач геодинамического и экологического мониторинга при международном взаимодействии. За период с 1983.5 по 2005.5 годы обнаружены эффекты регулярных геодинамических колебаний в спектре частотно-временного вейвлет-анализа спутниковых данных об инсоляции падающей на поверхность земли в пункте Кара-Даг, и с 1999 года — колебание неизвестной природы. Предполагается связь внешнего источника генерации колебания, которое обнаруживается с 1999 года в данных об инсоляции падающей на поверхность Земли, с особой геологической структурой Кара-Дага.

## **Геоінформаційна система оцінки стану інженерних споруд щодо захисту території від підтоплення**

*Библів В.В., Зацерковний В.І.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) і технології володіють розвиненим математичним апаратом, який дозволяє розв'язувати широкий спектр задач [1]. ГІС оцінки стану технічних споруд території від підтоплення (ТСЗ-ТП) розв'язує коло задач, пов'язаних з обробкою і аналізом даних про територіальні і технічні споруди об'єктів.

Територія — територіальна система, яка є визначальним системним елементом у забезпеченні нормального існування природних екосистем у природних умовах.

Одним із основних показників територіальної системи є водний баланс, що визначає умови існування і розвитку системи. Водний баланс включає в себе характеристики всіх джерел проникнення води в територіальну систему, характеристики водовідвідних систем, а також систем використання води.

Однією з найважливіших задач територій, які постійно розвиваються, є створення і підтримка заданого водного режиму, забезпечення нормативного водного балансу в умовах природних та техногенних впливів. ГІС дозволяють формувати модель системи захисту території від підтоплення, описують її структуру. Переваги ГІС — автоматизація обробки, аналізу і надання даних. Оцінка стану території пов'язана з оцінкою ступеня підтоплення, гідрофізичних, гідрохімічних характеристик і оцінки екологічного стану і визначається шляхом контрольних вимірювань по існуючим методикам.

Метою роботи є розробка алгоритмічного забезпечення і методик функціонування ГІС-проектів. Об'єктом дослідження є географічні інформаційні системи оцінки стану інженерних споруд систем захисту території від підтоплення.

Одними із основних причин підтоплення є: техногенний вихід із водотривких комунікацій, відстійників, порушення природного стоку при проведенні будівельних робіт; підвищення рівня ґрутових вод; конденсація вологи під будівлями, асфальтним покриттям; гідромеліоративна діяльність на масивах зрошення; співвідношення річної суми осадків і випаровування; слабка природня дренованість території; наявність міст та інших великих населених пунктів.

В результаті досліджень проведена оцінка стану інженерних споруд системи захисту території від підтоплення на основі контрольних вимірювань і експертних оцінок шляхом аналізу і порівняння із розрахунковими характеристиками і нормативними базами. Проведений аналіз проблеми створення водного балансу територій, розглянуто принципи районування території на основі ГІС, а також розроблені принципи моделювання інформаційних систем.

1. Зацерковний В.І., Тішаєв І.В., Віршило І.В., Демидов В.К. Геоінформаційні системи захисту території від підтоплення на основі контрольних вимірювань і експертних оцінок шляхом аналізу і порівняння із розрахунковими характеристиками і нормативними базами. Проведений аналіз проблеми створення водного балансу територій, розглянуто принципи районування території на основі ГІС, а також розроблені принципи моделювання інформаційних систем.
2. Алексеев В.В., Шишкін І.А. Геоинформационная система оценки состояния технических сооружений защиты территории от подтопления // Вестник ТОГУ. — 2012. — № 12. — С.69–78.

## О происхождении больших чисел Дирака–Эдингтона

Букалов А.В.

Центр физических и космических исследований,

Международный институт соционики, Киев

Исходя из модифицированной нами формулы Дирака для времени существования Вселенной, хаббловское время составляет  $t_H = \pi^{3/2} \hbar^2 / G_N c m_{\pi^0}^3 = 4,427 \cdot 10^{17}$  с, где  $m_{\pi^0}$  — масса  $\pi^0$ -мезона. При этом соотношение  $t_H / \Delta t_\pi = 10^{41}$  дает одно из Больших Чисел Дирака–Эдингтона [2, 3]. Критическая плотность Вселенной:

$$\rho_c = \frac{G_N c}{2\pi^2 \hbar^4} \left( \frac{m_{\pi^\pm}}{2} \right)^6 = \frac{3}{8\pi G_N} H_0^2 = \frac{1}{2\pi^2 \lambda_{\pi^\pm}^3} \frac{\varepsilon_{\pi^\pm}}{2} = 9,10 \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3.$$

Плотность энергии вакуума (тёмной энергии) может быть описана как

$$\rho_v = \frac{2}{3} \rho_c = \frac{1}{16\pi^4} \frac{G_N c^2 m_{\pi^0}^6}{\hbar^4} = \frac{G_N c^2 m_{\pi^0}^6}{h^4} \approx 6,09 \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3$$

в согласии с данными коллегии PLANK [4].

Исходя из космологической модели со сверхпроводимостью (CMS), предложенной нами ранее [1], и  $t_H = 4,42 \cdot 10^{17}$  с  $\approx 8,2 \cdot 10^{60} t_P$  получаем  $t_H = 8\pi l_P e^{\alpha_{\text{em}}^{-1}}$ , где  $\alpha_{\text{em}} = \frac{e^2}{4\pi\hbar c}$ . Тогда

$$\rho_c = \frac{3}{8\pi G_N} H_0^2 = \frac{3}{8\pi G_N} \frac{1}{(8\pi e^{\alpha_{\text{em}}^{-1}} t_P)^2} = \frac{3}{(8\pi)^3 G_N t_P^2 e^{2\alpha_{\text{em}}^{-1}}}.$$

Для наблюдаемой энергии вакуума

$$\rho_{\text{vac}} = \frac{2}{3} \rho_c = \frac{1}{256\pi^3 G_N^2 \hbar^4 e^{2\alpha_{\text{em}}^{-1}}}.$$

Сопоставление формул позволяет получить формулу для массы  $\pi^0$ -мезона:

$$m_{\pi^0} = \left(\frac{\pi}{16}\right)^{1/6} \frac{M_P}{e^{\alpha_{em}^{-1}/3}} \approx 135 \text{ МэВ},$$

что показывает связь между космологией и физикой элементарных частиц, описываемую космологической моделью со сверхпроводимостью. Тогда Большие Числа Дирака–Эддингтона  $10^{20}, 10^{40}, 10^{60}, 10^{80}$ , указывающие на связь макромира и микромира, находят свое естественное выражение:  $10^{20} \approx e^{\alpha_{em}^{-1}/3} = 6,88 \cdot 10^{19}$ ;  $10^{40} \approx e^{\alpha_{em}^{-1} \cdot 2/3} = 4,74 \cdot 10^{39}$ ;  $10^{60} \approx e^{\alpha_{em}^{-1}} = 3,26 \cdot 10^{59}$ ;  $10^{80} \approx e^{\alpha_{em}^{-1} \cdot 4/3} = 2,48 \cdot 10^{79}$ . Таким образом, нет необходимости в связи временных характеристик Вселенной с параметрами элементарных частиц, которую предлагал П.Дирак [2], поскольку стабильные отношения определяются характеристиками постоянной фазы темной энергии, определяющий величину Л-члена, а гипотеза изменения постоянных (например, гравитационной), которую разрабатывал П.Дирак, оказывается основанной на совпадении размеров стабильной и динамической фаз конденсата первичных фермионов. Это совпадение определяется близостью или равенством параметров взаимодействия первичных фермионов  $\lambda_i, \lambda_j, \lambda_k, \dots, \alpha_{em}$  к значению постоянной тонкой структуры в настоящую эпоху, на  $z=0$ . Этим же объясняется и феномен совпадений (coincidence), и близость времени Хаббла ко времени существования Вселенной  $t_H \approx t_U$  [1].

1. *Bukalov A.V. The solution of the cosmological constant problem and the formation of the space-time continuum // Odessa Astronomical Publications.* — 2016. — **29**. — P.42–45.
2. *Dirac P.A.M. // Nature.* — 1937. — **139**. — P.323.
3. *Eddington A.S. // Proc. Cam. Phil. Soc.* — 1931. — **27**. — P.15.
4. Planck Collaboration. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results. — arXiv:1303.5062 [astro-ph.CO].

## Природа преобразований Лоренца в космологической модели со сверхпроводимостью

Букалов А.В.

Центр физических и космических исследований,  
Международный институт соционики, Киев

Предложенная автором космологическая модель со сверхпроводимостью (CMS) [3] описывает конденсацию первичных фермионов, или первичных возбуждений квазикристаллической планковской решетки, введенной П.И. Фоминым [1, 2]. При различных параметрах связи фермионов  $\lambda_i$  возможно получение различных частиц и полей, включая т.н. «тёмную энергию», плотность энергии которой совпадает с наблюдаемой плотностью энергии вакуума:  $\rho_{DE} = c^5 / (256\pi^4 G_N^2 e^{2\alpha_{em}^{-1}}) = 6,091 \cdot 10^{-30} \text{ г/см}^3$ . Возникающие нелинейные возбуждения солитонного типа, определяющие массу, распространяются по планковской «решетке» в поле периодического потенциала, который создается планковскими доменами соседнего слоя «квазикристалла», аналогично

солитонам, распространяющихся по цепочке атомов твердого тела в модели Френкеля–Конторовой [4]. При этом в теории твердого тела известно, что для солитонов, движущихся со скоростью  $v$  существует аналог преобразований Лоренца:  $E = m_0 v_s^2 / \sqrt{1 - v^2/v_s^2}$ ,  $P = m_0 v_s / \sqrt{1 - v^2/v_s^2}$ , где  $v_s$  — скорость звука в кристаллической решетке. Таким образом, движущийся в кристаллической решетке солитон описывается не механикой Ньютона, а аналогично механике специальной теории относительности [4]. Если же в нашей модели принять естественное отождествление скорости звука  $v_s$  со скоростью света  $c$  как максимальной скоростью распространения колебаний в планковской «решетке»  $v_s = c$ , то отсюда для масс солитонов следуют соотношения СТО или преобразования Лоренца:  $E = m_0 c / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ ,  $P = m_0 v / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ ,  $t = t_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$ ,  $L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$ . Поэтому CMS объясняет возникновение преобразований Лоренца и СТО в целом. Существование планковской «решетки» разрешает парадоксы, обнаруженные в XIX веке для среды, передающей электромагнитные колебания. Действительно, свойства планковской решетки подобны твердому телу, и в ней могут распространяться поперечные электромагнитные колебания. Она необнаружима в косвенных экспериментах, так как все приборы и объекты можно рассматривать как специфические возбуждения этой же решетки. В CMS движение по инерции всех массивных тел — от микроскопических частиц до макроскопических — является бездиссилиативным как незатухающее квантовое движение сверхтекучей компоненты или сверхпроводящего тока. Поэтому планеты, звёзды и галактики движутся, как элементы сверхтекучего тока в квазикристаллической структуре Вселенной, а эффекты, аналогичные диссилиации и трению, возникают при прохождении внешних гравитационных полей [5].

1. Fomin P.I. Zero cosmological constant and Planck scales phenomenology // Proc. of the Fourth Seminar on Quantum Gravity, May 25–29, Moscow / Ed. by M.A. Markov. — Singapore: World Scientific, 1988. — P.813.
2. Fomin P.I. On the crystal-like structure of physical vacuum on Planck distances // Probl. phys. kinetics and physics of solid body. — Kiev: Naukova dumka, 1990. — P.387–398.
3. Bukalov A.V. The solution of the cosmological constant problem and the formation of the space-time continuum // Odessa Astronomical Publications. — 2016. — **29**. — P.42–45.
4. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. — М.: Физматлит, 2005. — 632 с.
5. Букалов А.В. Обобщенный принцип эквивалентности: гравитация, антигравитация и инерция // ФСЖКА. — 2014. — № 2. — С.10–13.
6. Букалов А.В. Решение проблемы космологической постоянной и возникновения пространства-времени // Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених», Україна, Київ, 26–27 травня 2016 р. Програма і тези доповідей. — Київ, 2016. — С.7–8.

## Сингулярности черных дыр как конденсаты релятивистских полей

Букалов А.В.

Центр физических и космических исследований,

Международный институт соционики, Киев

Как известно, сингулярность — это область, в которой уравнения ОТО перестают работать [1], поэтому там должны работать уравнения квантовой гравитации, которая еще до конца не создана. Г.Двали описывает черную дыру как гравитонный конденсат [2]. В космологической модели со сверхпроводимостью (CMS) [3, 4], предложенной автором, черная дыра — это конденсат первичных фермионов со средней плотностью  $\rho_{\text{вн}} = m p_F \Delta_0^2 / 4\pi^2 \hbar = 3c^2 / 8\pi G_N R_g^2$ .

В теории фазовых переходов расходимости физических параметров возникают, как правило, вблизи точки фазового перехода. Отсюда можно выдвинуть гипотезу, что сингулярность черной дыры также является конденсатом, возможно даже, первичным, подобным тому, из которого родилась наблюдаемая Вселенная. Самый простой вариант — это предположить, что плотность энергии сингулярности близка к планковской. В этом случае радиус сингулярности для черной дыры размером с наблюдаемую Вселенную составит  $r_1 = (3V/4\pi)^{1/3} = (3M/4\pi\rho_P)^{1/3} = 5 \cdot 10^{-14} \text{ м} \approx 8\pi^3 \lambda_P$ . Для черной дыры с массой  $M \approx 4 \cdot 10^{10} M_\odot = 8 \cdot 10^{40} \text{ кг}$ , размер сингулярности с планковской плотностью равен длине волны вакуумного среднего поля Хиггса  $r_2 \approx 5 \cdot 10^{-18} \text{ м} = \lambda_{\langle\varphi\rangle}$ . Для черной дыры — ядра нашей Галактики с массой  $M = 4 \cdot 10^6 M_\odot$   $r_3 \approx 1,86 \cdot 10^{-19} \text{ м}$ . Для черной дыры с массой  $3M_\odot$   $r_4 \approx 1,69 \cdot 10^{-21} \text{ м}$ . Если же плотность конденсата сингулярности близка к плотности энергии Большого Объединения  $E \approx 10^{15} \text{ ГэВ}$ , то  $r_1 \approx 5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $r_2 \approx 5 \cdot 10^{-14} \text{ м}$ ;  $r_3 \approx 1,51 \cdot 10^{-15} \text{ м} = 1,14 \cdot 2\pi\lambda_P$ ;  $r_4 \approx 1,35 \cdot 10^{-17} \text{ м} = 2,7 \cdot 2\pi\lambda_{\langle\varphi\rangle}$ . Возможно также равенство плотности конденсата сингулярности и плотности первичного конденсата в космологической модели со сверхпроводимостью:

$$\rho_{v_0} = \frac{3M_{v_0}}{4\pi r_{U_0}} = \frac{3 \cdot 3,72 \cdot 10^{30} \text{ кг}}{4\pi (2,32 \cdot 10^{-4} \text{ м})^3} \approx 7,12 \cdot 10^{40} \text{ кг/м}^3.$$

Тогда  $r_1 = (3M_H/4\pi\rho_{v_0})^{1/3} \approx (2,039 \cdot 10^{11})^{1/3} = 5,84 \cdot 10^3 \text{ м}$ ;  $r_2 = 0,58 \text{ м}$ ;  $r_3 = 1,76 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $r_4 = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ . В случае сингулярности с плотностью энергии вакуумного среднего хиггсовского поля  $\rho = 3\langle\varphi\rangle^4/4\pi = 3 \cdot (246,3 \text{ ГэВ})^4/4\pi = 1,58 \cdot 10^{29} \text{ кг/м}^3$ ;  $r_1 = (3M_H/4\pi\rho_{\langle\varphi\rangle})^{1/3} \approx (1,349 \cdot 10^{23} \text{ м})^{1/3} = 5,12 \cdot 10^7 \text{ м}$ ;  $r_2 = 5,12 \cdot 10^3 \text{ м}$ ;  $r_3 = 160 \text{ м}$ ;  $r_4 = 1,43 \text{ м}$ . Представляется также возможным, что сингулярности в черных дырах окружены конденсатами других полей, в том числе фотонными. Поэтому наиболее естественной представляется иерархия в черной дыре конденсатов физических полей от самых легких до самых тяжелых, которых могут реализоваться в конкретной черной дыре. При этом такие сингулярности будут иметь кольцевой характер, так как практически все реальные черные дыры врачаются, то есть обладают спином.

1. Новиков И.Д., Фролов В.П. Физика черных дыр. — М.: Наука, 1986. — 328 с.
2. Dvali G., Gomez C. Black Hole Macro-Quantumness. — arXiv:1212.0765 [hep-th].
3. Bukalov A.V. Solution of a problem of cosmological constant and superconductive cosmology // Physics of consciousness and life, Cosmology and Astrophysics. — 2011. — № 1. — Р.17–23.
4. Bukalov A.V. The solution of the cosmological constant problem and the formation of the space-time continuum // Odessa Astronomical Publications. — 2016. — **29**. — Р.42–45.

## Две астроблемы в Украине — свидетели последних дней динозавров

Видьмаченко А.П.<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Катастрофы, связанные с падением крупных небесных тел на Землю, неоднократно имели место в прошлом Земли [2–6, 15, 16, 18–21]. Геолог W.Alvarez обратил особое внимание на слои земной коры, которые отвечали периоду в истории Земли, отдаленному на  $\approx 65$  млн. лет от настоящего времени [1, 14]. Он отличился массовым вымиранием (более половины всего живого) одних видов живых существ и началом бурного развития других видов. В частности, тогда вымерли динозавры, которые до этого более ста миллионов лет занимали господствующее положение на суше и воздухе [17]. На протяжении короткого времени они уступили свое место млекопитающим и птицам. Считается, что причиной этого послужило падение на Землю довольно крупного тела в районе Мексиканского залива в Центральной Америке. Результатом падения астероида размером несколько километров и массой  $\sim 1$  триллиона тонн, стал взрыв мощностью, сравнимой с энергией всего современного ракетно-ядерного арсенала. Следствием такого взрыва считают кратер Chicxulub диаметром  $\sim 170$  км на полуострове Юкатан в современной Мексике. Сейчас на земной поверхности сохранено много следов столкновений с крупными космическими телами в виде кратеров разных размеров — астроблем. Их выявлено более двух сотен. На территории Украины обнаружено 9 достаточно больших импактных структур. Расположенный здесь же Украинский кристаллический щит является стабильным в геологическом отношении уже в течение более 1,5 млрд. лет. Так, на этой территории имеет место самая большая на земной поверхности плотность крупных астроблем. Украинский кристаллический щит протянулся почти на 1000 км вдоль правого берега реки Днепр. Его ширина достигает 250 км. Самая большая из украинских астроблем — Маневичская [17]. Она расположена в Волынской области, имеет диаметр 45 км и возникла около 65 млн. лет тому назад. В центральной части Украинского кристаллического щита находится Болтышская геологическая структура [10, 11]. Она расположена возле реки Днепр вблизи села Болтышко на границе Кировоградской и Черкасской областей. Она имеет круглую форму, кольцевой вал и центральную горку. Эта впадина погребена

под толщей осадочных пород мощностью более 570 м. Причем, Болтышский кратер также возник более 65 млн. лет тому назад в результате падения на землю метеороида. Такие датировки свидетельствуют об их близком возрасте с кратером Чиксулуб (65,46 млн. лет). Мы считаем, что это подтверждает теорию многократного удара как причины мело-палеогенового вымирания. Болтышский кратер является вторым по величине среди подобных в Украине и входит в число крупнейших в мире. В кристаллических породах докембрийского фундамента кратер представлен окружной депрессией диаметром  $\approx 25$  км и глубиной более 1 км. Зона разлета выброшенных пород покрывала тогда всю Центральную Украину, достигая Крыма, Румынии и России. Отличием геохимического состава импактитов от первичных гранитов, является повышенное содержание в них хрома, никеля и иридия. В совокупности это свидетельствует об образовании Болтышского кратера каменным астероидом [7–9, 12, 13]. По расчетам, выделенная при образовании Болтышского кратера энергия, составляла порядка  $10^6$  Мт. Это значение составляло около 1% от энергии, выделившейся при образовании кратера Chicxulub. Но датировка относительной последовательности образования вышеуказанных трех кратеров является очень интересной для понимания катастрофичности событий, имевших место в конце мезозойской эры. Согласно современным представлениям, близкое по времени образование двух и более импактных структур, значительно усиливает эффект воздействия на окружающую среду и живые существа. То есть эти три близкие по времени события могли быть взаимодополняющими по своему тогдашнему негативному влиянию на все живое на Земле.

1. Alvarez L.W., et al. 1980. *Science*, 208, 1095–1108.
2. Churyumov K.I., et al. 2013. 8ConfMet2013, 077.
3. Churyumov K.I., et al. 2014. *AstSR*, 10, 1, 37–42.
4. Churyumov K.I., et al. 2014. CAMMAC2014, Vinnytsia, Ukraine, 98–108.
5. Churyumov K.I., et al. 2015. 17 AstYS.conf, Ukraine, 84–85.
6. Churyumov K.I., et al. 2015. *AstSR*, 11, 2, 99–102.
7. Churyumov K.I., et al. 2015. NEA2015, Terskol, 153–155.
8. Churyumov K.I., et al. 2016. *AstSR*, 12, 1, 72–76.
9. Churyumov K.I., et al. 2016. Conf100Shklovskii, Glukhiv, Ukraine, 108–110.
10. Kelley S.P., et al. 2002. *MetPISci*, 37, 1031–1044.
11. McGethin T.R., et al. 1973. *ESciLet*, 20, 226–236.
12. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. 2013. *KPCB*, 29, 5, 237–242.
13. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. 2015. NEA-2015, Terskol, 24–25.
14. Toon O.B., et al. 1997. *RevGeophys*, 35, 1, 41–78.
15. Vidmachenko A.P. 2005. *AstAlm*, 52, 201–212.
16. Vidmachenko A.P. 2012. *AstSR*, 8, 1, 136–148.
17. Vidmachenko A.P. 2016. 18 asys.conf., Ukraine, 27–30.
18. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2012. bookMAONAS, 255.
19. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2014. *Pcse.book*, MAONAS, NULESU, 388.

20. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* 2013. *AstSR*, 9, 2, 146–148.
21. *Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A.* 2007, *AstAlm*, 53, 195–207.

## Особенности строения поверхности Цереры

Видмаченко А.П.<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Церера после решения 24.08.2006 Международного Астрономического Союза является карликовой планетой, расположенной между орбитами Марса и Юпитера в Главном поясе астероидов [11, 13, 14, 16]. Планета была найдена 01.01.1801 итальянским астрономом Джузеппе Пиацци. Но она оказалась слишком мала для классической планеты: ее диаметр составил 950 км. Поэтому Уильям Гершель предложил термин «астероид» («звездообразный») из-за отсутствия заметного диска. Результаты исследований поверхности Цереры в инфракрасном диапазоне указывали на то, что средняя температура на ее поверхности равна  $-106^{\circ}\text{C}$ , в перигелии  $-33^{\circ}\text{C}$ . Период обращения вокруг оси составляет около  $9^h04^m$ , масса равна  $9,4 \cdot 10^{20}$  кг. Судя по плотности, Церера на 20–30% состоит из водяного льда. Лёд обнаружен и на поверхности Цереры. 27.09.2007 НАСА запустило зонд «Dawn» (Рассвет) для изучения Весты (2011–2012), а 6.03.2015 аппарат вышел на орбиту Цереры. Согласно полученным данным, внутри Цереры находится большое каменистое ядро, состоящее из хондритов [5, 6, 12, 15]; его плотность  $2,46\text{--}2,90 \text{ т}/\text{м}^3$ . Ядро покрыто оболочкой толщиной 70–190 км, состоящей из смеси летучих соединений с более плотными материалами плотностью  $1,68\text{--}1,95 \text{ т}/\text{м}^3$ , сверху расположен тонкий слой реголита. Толщина криомантии из водяного льда, по предварительной оценке, равна  $\sim 28\%$  от всей ее массы или 50% от объема; всего мантия содержит  $\sim 2 \cdot 10^8 \text{ км}^3$  льда. Кратеры на поверхности планеты не являются ровными углублениями, а представляют собой структуры с неровными краями. Возможно, эти особенности рельефа свидетельствуют о происходящих в недрах планеты геологических процессах. Некоторые из кратеров имеют явно вулканическое происхождение, а ряд из них, возможно, являются действующими. Считают, что на первых этапах становления ядро разогревалось от радиоактивного распада. Это дает веские причины предположить, что часть ледяной мантии Цереры могла находиться в текучем состоянии. Так, с помощью космического телескопа «Гершель» в 2014 г. удалось заметить струи пара, которые планета-карлик периодически выбрасывает в открытый космос. Возможно, именно в этих темных местах Церера особенно активно поглощает солнечный свет; лед там быстро превращается в пар, который и выбрасывается наружу. Не исключают и наличие там вулканической активности.

При изучении снимков Цереры отметили ее гладкую поверхность, хотя такой объект должен был иметь намного больше ударных кратеров, чем есть сейчас [1–4, 7–10]. Большинство кратеров, по всей видимости, сгладилось. А это значит, что поверхность Цереры и сейчас подвержена сильной геологической активности. Так, согласно компьютерной симуляции, Церера должна

иметь, по меньшей мере, 40 кратеров диаметром  $> 100$  км и 10–15 кратеров  $> 400$  км. Однако на Церере обнаружено только 16 кратеров  $> 100$  км в диаметре, а крупнейший кратер — бассейн Керуан — достигает всего 280 км. Правда, там также есть три крупные впадины размером до 800 км, в которых находятся более мелкие кратеры. Полагают, что эти впадины могут быть огромными ударными бассейнами, которые медленно сглаживались и покрывались новыми кратерами. Возможно, что лед под поверхностью Цереры ослабляет кору, заставляя ее со временем разглаживаться. В 2016 г. была установлена возможность стабильного существования льда в приполярных кратерах, дно которых никогда не освещается Солнцем. В северной полярной области Цереры найдено 634 таких кратера, в 10 из них обнаружен яркий материал; для одного из этих ярких пятен спектроскопически подтверждена его ледяная природа. Судя по данным детектора нейтронов и гамма-излучения GRaND на зонде «Рассвет», верхний слой коры Цереры представляет собой глинистый материал с заполненными льдом ( $\sim 10\%$  по весу) порами. Довольно темная поверхность Цереры усеяна более 130 яркими пятнами. Большая их часть — это, скорее всего, ударные метеоритные кратеры. Оказалось, что самое яркое пятно на Церере состоит из двух крупных и многих мелких частей, находящихся в кратере Оккатор, диаметром 92 км и 4 км глубиной. В полученных «Рассветом» спектрах вода там отсутствует, однако видна полоса гидроксила OH и несколько более слабая полоса аммиака; скорее всего, это аммиачная глина, в которой вода представлена гидроксилом. Возможно, что яркий материал — это карбонат натрия, смешанный с другими минералами — листовыми силикатами, карбонатом аммония или хлоридом аммония; другая разновидность этого сульфата магния известна как гексагидрит. Анализ белых пятен показывает, что они содержат в себе соли, сформировавшиеся в присутствии воды. Это говорит о наличии гидротермальных источников энергии и огромных залежей соды в недрах этой карликовой планеты. Впрочем, не отказываются и от версии, что, помимо соли, в образовании этих пятен принимал участие и лед. Наблюдения за Церерой, произведенные с помощью спектрографа HARPS на телескопе Европейской южной обсерватории в Чили, показали, что материал, из которого состоят яркие пятна, очень изменчив и в солнечном свете испаряется. Когда пятна, расположенные в кратере Оккатор, находятся на повернутой к Солнцу стороне планеты, они образуют шлейфы, эффективно отражающие солнечный свет. Впоследствии шлейфы быстро испаряются, теряют свою отражательную способность и вызывают упомянутые изменения. То есть яркие пятна на дне кратера Оккатор, по всей видимости, имеют способность сублимировать вещество — перегонять его из твердой стадии в газ. За счет этого в кратере создается особая локальная атмосфера. При определенных условиях наблюдений можно увидеть дымку, которая покрывает почти половину кратера Оккатор и не выходит за гребень провала. Второй по яркости кратер Цереры диаметром 6 км называется Оксо. Он находится как бы в глубине отверстия, образованного при провале пород в очень большом количестве. Причем, на дне кратера обнаружили минера-

лы с необычным геохимическим составом. Фотографии еще одного кратера Хаулани диаметром 34 км также указывают на сравнительно недавнее его образование. Дно кратера внешне резко отличается от рядом расположенных более старых участков поверхности планеты, хотя и лишено признаков удара. Полагают, что прямые края Хаулани и некоторых других кратеров являются результатом давления и разломов под поверхностью этих мест в прошлом.

Самая большая гора Цереры Ахуна была геологически активной, по крайней мере, в течение последнего миллиарда лет, а возможно, активна и сейчас. Образовалась эта гора в результате криоизвержений. Причем произошло это не так давно, поскольку Ахуна явно моложе окружающих ее ударных кратеров. Существование на планете криовулкана подтверждает предположение о вероятном наличии в ее недрах озер из соленой воды и позволяет объяснить, каким образом эта вода достигает поверхности. Кроме того, подобной геологической активностью можно объяснить отсутствие на Церере действительно больших кратеров. Вершина горы Ахуна как бы срезана и представляет собой усеченный конус с плоской вершиной.

Таким образом, наблюдения зонда «Рассвет» показывают, что Церера — относительно активный объект. Наличие карбонатов на поверхности Цереры говорит о том, что в ее недрах существовали или существуют и сейчас гидротермальные процессы, которые выбросили эти вещества на ее поверхность. Высказываются и предположения, что Церера подо льдом может скрывать соленый жидкий океан.

1. Alvarez L.W., et al. 1980. Science. 208, 1095–1108.
2. Churyumov K.I., et al. 2013. 8 Conf Met2013, Poland, 077.
3. Churyumov K.I., et al. 2014. AstSR, 10(1), 37–42.
4. Churyumov K.I., et al. 2015a. AstSR, 11(2), 99–102.
5. Churyumov K.I., et al. 2015b. Intconf NEA2015, Terskol, Nalchik, 30–31.
6. Churyumov K.I., et al. 2015c. ProcIntconfNEA2015, 153–155.
7. Churyumov K.I., et al. 2016. Intspconf100tShkl, Ukraine, 108–110.
8. Churyumov K.I., et al. 2016. OAP, 29, 200.
9. McGetchin T.R., et al. 1973, EarthSLet, 20, 226–236.
10. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. 2013. KPCB, 29(5), 237–242.
11. Vidmachenko A.P. 2005. AstAlm. 52, 201–212.
12. Vidmachenko A.P. 2016. 18Intsconf AstSYS, Ukraine, 27–30.
13. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2012. bookMAONAS. Kuiv, Ltd. Dia, 255.
14. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2014. bookMAONAS, NULES. Kyiv, PHProfi, 388.
15. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. 2013. AstSchR, 9(2), 146–148.
16. Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. 2007. AstAlm, 53, 195–207.

## **Какие формы жизни могли бы начать зарождаться в условиях Марса?**

*Видьмаченко А.П.<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Собранные космическими миссиями данные позволили реконструировать этапы развития событий на Марсе [7, 8, 13]. В первую геологическую эру планеты — Филлоциановую, которая началась около 4,5 млрд. лет назад и продолжалась  $\sim 500 - 700$  млн. лет, Марс был влажной планетой. Его породы подвергались значительной водной эрозии, и поэтому они содержат глинистые минералы филлосиликаты, поскольку для их образования требуется много воды, температура выше 273 К и низкая кислотность [9–11]. Тогда Марс был похож на древнюю Землю, имел плотную атмосферу и водный океан на поверхности. То есть планета когда-то была гораздо более подходящей для существования жизни, чем сегодня. Тогда возникли простые формы жизни на Земле, и вполне возможно, что то же самое могло произойти и на Марсе [5]. Несколько позже после глобального изменения климата, вероятно вызванного столкновением планеты с планетезималями и вулканической активностью, началась новая эра — Тейкиановая, длившаяся от 3,9 до 3,3 млрд. лет назад. Тогда из-за мощных вулканических выбросов в атмосферу поступало большое количество серы, окружающая среда стала очень кислой, планета начала осушаться [10–13]. Свидетельством этого является присутствие гипса, маггемита и серого гематита в породах. Около 3,3 млрд. лет назад началась третья эра — Сидерикиановая. Сейчас у Марса практически отсутствует магнитосфера и есть очень тонкая атмосфера, которой недостаточно для того, чтобы защитить возможную жизнь от солнечного ветра и жесткого ультрафиолета. Вполне вероятно, что если когда-то жизнь появилась на Марсе, то не исчезла бесследно, а могла переместиться с поверхности планеты в ее недра, законсервировавшись там либо в реликтовых окаменелостях, а возможно, и в каких-то простейших формах, присыпавшихся мощными выбросами грунта [1, 2, 6]. Поэтому ее следы следует искать в подпочвенных глубинах в тех местах, где было много воды, и в тех слоях осадочных пород, которые относятся к первой Филлоциановой геологической эпохе.

Марс сейчас — это холодный мир с тонкой атмосферой. Поэтому следует ответить на вопрос: какие виды жизненных форм могли там выжить? Ясно, что любая жизнь на Марсе сегодня наверняка является микробной. Но пока мы можем сделать лишь предположения о природе марсианской жизни, сравнивая ее с самыми оригинальными биологическими особенностями на нашей планете. Согласно последним данным, жидкую воду периодически течет на поверхности Марса и сейчас. Спектральными методами в потоках течений на стенках марсианских кратеров обнаружены гидратированные перхлоратные соли. Именно они, состоящие из хлора и кислорода, не допускают замораживания жидкостей при температурах даже ниже  $-70^{\circ}\text{C}$ . Эта вода мо-

жет находиться в подземных водоемах, или же такие соли могут напрямую «вытягивать» водяной пар из воздуха. Такие рассолы являются возможным местом для обитания форм жизни, которые могли бы возникнуть на холодном Марсе и, адаптировавшись, выжить там. К примеру, на Земле обнаружен широкий спектр солелюбивых (так называемых галофильных) и холодолюбивых (психофильных) микробов. А недавно найдены помеси этих видов, психрофаго-фил, которые живут и развиваются в соленых антарктических озерах при температуре до  $-12^{\circ}\text{C}$  и концентрации солей  $\sim 20\%$  [3]. Такая адаптация микробов на Земле указывает на возможную жизненную стратегию марсианских микробов. В одной из самых сухих и наиболее подверженных облучению окружающей среды на планете пустыне Атакама были найдены микробы, живущие в тончайших пленках жидкой воды на поверхности кристаллов соли [4]. Подобные тонкие пленки воды наблюдались посадочным аппаратом «Феникс» на почве Марса.

1. Churyumov K.I., et al. 2014. AstSR, 10 (1), 37–42.
2. Churyumov K.I., et al. 2013. 8Conf. Meteoroids2013. Poland. IAU C22. p. 077.
3. Ojha L., et al. 2015. Nature Geoscience, 8(11), 829–832.
4. Parro V., et al. 2011. Astrobiology, 11(10), 969–996.
5. Peplow M. (2005) Nature. 436(7048), 158–159.
6. Schultz P.H., et al. 2014. Geology. 42(6), 515–518.
7. Vidmachenko A.P. 2009. AstSR. 6(1–2), 27–43.
8. Vidmachenko A.P. 2009. AstSR. 6(2), 131–137.
9. Vidmachenko A.P. 2009. AstAlm. 56, 225–249.
10. Vidmachenko A.P. 2012. AstSR. 8(2), 136–148.
11. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. 2013. AstAlm. 59, 221–243.
12. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2014. bookMAONAS, NULES, Kyiv, PHPProf. 388.
13. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2014. AstSR. 10(1), 6–19.

## **Изменения яркости полушарий Юпитера снова становятся периодическими**

*Видьмаченко А.П.<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Приток солнечной энергии к атмосфере Юпитера на среднем расстоянии от Солнца примерно в 27 раз меньший, чем к Земле. Модельные исследования [1, 6, 10] показали наличие обнаружимых вариаций температуры на некоторых уровнях в атмосфере Юпитера, вызванные изменением инсоляции при движении планеты по орбите, и вариациями, связанными с солнечной активностью. Так, в момент, близкий к осеннему для северного полушария равноденствию, на уровнях с давлением 1–10 мбар верхняя стратосфера в северном полушарии почти на 10 К теплее, чем в южном. Соответствующие сезонные

минимумы и максимумы температуры проявляются в атмосфере на высоте с давлением 250 мбар спустя около трех земных лет (т.е. сезон на Юпитере). Это соответствует значению радиационной постоянной  $\tau_R \approx 6 \cdot 10^7$  сек [9, 12]. Выполненный нами анализ данных об относительном распределении яркости вдоль центрального меридиана Юпитера по приведенной в [2, 3, 5] для Сатурна методике, показал, что отношение яркостей северной и южной тропических зон  $A_j = B_{NT_{rZ}}/B_{ST_{rZ}}$  является хорошим индексом активности происходящих в атмосфере Юпитера процессов. При нахождении планеты в перигелии орбиты суммарный приток энергии от Солнца увеличивается на  $\approx 21\%$  по сравнению с афелием. Сразу после максимумов солнечной активности (СА), или через год–два после них (которые в 1967–2015 гг. характеризовались значениями фактора активности Солнца  $R = 60 – 198$ ), Юпитер проходил через афелий своей орбиты. В это же время лето на планете было в южном полушарии. Отметим, что именно в годы возле минимумов СА (1964–2011), когда активность на Солнце характеризовалась числами  $R \approx 0 \div 15$ , Юпитер проходил перигелий своей орбиты; практически в это же время светлые тропические и умеренные широтные пояса были ярче в южном полушарии по сравнению с северным. Во все годы возле максимумов СА (1964–2011), когда активность на Солнце характеризовалась числами  $R \approx 0 \div 15$ , Юпитер проходил перигелий своей орбиты; практически в это же время светлые тропические и умеренные широтные пояса были ярче в северном полушарии. Наш анализ [4, 7, 8, 11] характера относительного изменения интегрального блеска Юпитера показал, что в максимумах СА блеск имеет минимумы для нечетных и максимумы для четных циклов. Т.е. в изменении блеска всего диска Юпитера в видимом свете значительно нагляднее проявляется 22,2-летний магнитный цикл Хейла и/или удвоенное значение орбитального периода  $\sim 23,9$  года. Но если солнечная активность глобально влияет на планету (что мы и наблюдаем по характеру изменения интегрального блеска Юпитера), то сезонные циклы проявляются в попрерменном изменении отражательных свойств южного и северного полушарий. В годы, когда влияние солнечных циклов изменения солнечной активности глобально на всю планету синхронизируется с сезонным попрерменным влиянием облучения то северного, то южного полушария, мы должны отмечать усиление корреляции показателя активности полушарий Юпитера  $A_j$  с периодической кривой изменения расстояния до Солнца при движении планеты по орбите. Имеющиеся изображения Юпитера показывают, что в целом в 2015 и 2016 гг. яркость  $B_{ST_{rZ}}$  была большей или же близкой к яркости  $B_{NT_{rZ}}$ . А в метановой полосе поглощения 889 нм поглощение в  $ST_{rZ}$  существенно меньше, чем в  $NT_{rZ}$ . И поэтому она существенно светлее и шире, чем для северного полушария. Таким образом, выполненный нами анализ новых полученных в 2014–2017 гг. изображений Юпитера показал, что если в 1998–2013 гг. синхронизация изменения  $A_j$  с кривой изменения расстояния до Солнца при движении планеты по орбите несколько нарушилась, то в 2015–2017 гг. такая корреляция начала восстанавливаться. И в 2016–2017 гг., как мы и предполагали, южная тропическая область в видимом участке спектра снова стала светлеть по сравнению с северной областью.

1. Kuroda T., et al. 2014. Icarus. 242, 149–157.
2. Steklov A.F., et al. 1983. Sov. Astron. Let. 9(2), 135–136.
3. Vidmachenko A.P. 1984. Astrom. Astrofiz. 51, 56–62.
4. Vidmachenko A.P. 1985. KPCB. 1(5), 91.
5. Vid'machenko A.P. 1999. KPCB. 15(5), 320–331.
6. Vidmachenko A.P. 1986. KPCB. 2(1), 48–51.
7. Vidmachenko A.P. 1997. KPCB. 13(6), 26–32.
8. Vidmachenko A.P. 1999. SolSystRes. 33(6), 464–469.
9. Vidmachenko A.P., et al. 1984. Sov. Astron. Let., 10, Sept.-Oct., 289–290.
10. Vid'machenko A.P. 1991. Astron. Vestn., 25, May-June, 277–292.
11. Vid'machenko A.P. 1985. KFNT. 1(5), 91.
12. Vidmachenko A.P., et al. 1984. PAZh. 10, Sept., 691–695.

## **Возможной 9-й планеты на расстоянии менее 1000 а.е. в Солнечной системе нет**

*Видьмаченко А.П.<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Многочисленные наблюдения, проведенные с середины 1990-х гг., показали, что пояс Койпера — динамически стабильная система, а источником кометных ядер может быть так называемый рассеянный диск [2–6, 23], представляющий собой динамически активную область, созданную направленными наружу гравитационными возмущениями внешних планет-гигантов [9, 13, 14, 18, 19] более 4 миллиардов лет тому назад. Объекты рассеянного диска похожи на тела пояса Койпера, но они уходят по своим орбитам на расстояния до нескольких сотен астрономических единиц (а.е.) [7, 20]. В январе 2016 г. М.Браун и К.Батыгин сообщили [1] о косвенных свидетельствах существования неизвестной до сих пор девятой планеты в Солнечной системе. Но все эти выводы о планете были основаны на компьютерных расчетах орбит всего нескольких известных в настоящее время транснептуновых объектов (ТНО) [10–12, 16]. Они предполагают, что орбиты этих объектов ориентированы так, что они могут находиться под влиянием существования большого, еще неизвестного тела. Мы обращаем внимание, что все эти 6 объектов в близкие к их открытию моменты расположены в перигелии. Для находящегося на Земле наблюдателя они имели максимальную яркость, и их орбитальные скорости были самыми большими [7, 8, 22]. Но всего лишь через 50–100 лет все они покинут это комфортное для их возможного обнаружения место. И затем эти объекты многие тысячи лет будут мигрировать в отдаленных частях их орбит [15, 17]. В связи с этим, для нас разумно предположить, что на много порядков большее число таких же ТНО должно быть на отдаленных частях орбит. Но в данный момент они невидимы для наблюдателя на Земле из-за их расположения на большом расстоянии от перигелия. В связи со значительным эксцентриситетом скорость их движения по орбите вблизи афелия

существенно медленнее, чем скорость этих 6 обнаруженных вблизи перигелия ТНО [21]. Поэтому из чисто вероятностных предположений возможное количество таких же довольно крупных ТНО с очень вытянутыми орбитами должны исчисляться многими тысячами. Таким образом, фактические результаты расчетов для всего ансамбля удаленных объектов должны сильно отличаться от представленных в статье [1] данных. Для оценки мы использовали данные наблюдений, полученные с запущенного в 2009 г. для изучения неба в инфракрасном свете космического телескопа «WISE» (Wide-Field Infrared Survey Explorer). С его помощью было установлено, что аппаратура телескопа не смогла увидеть аналог такой планеты-гиганта, как Сатурн, на расстояниях до 30 000 а.е. [15, 17]. Это обстоятельство позволило нам рассчитать, что на расстояниях до 1000 а.е. было бы четко видным планетарное тело с радиусом более 11 000 км. То есть планета такого же размера, как и предложенная в [1] с возможной массой около 10 масс Земли. Таким образом, либо возможная неизвестная 9-я планета сейчас находится еще дальше, либо же наши результаты нельзя непосредственно масштабировать на планету «Супер-Земля», которая на таком большом расстоянии может обладать непропорционально низким источником внутреннего тепла.

1. *Batygin K., Brown M.* 2016. Astron. J. 151, 2, article id. 22, 12 p.
2. *Churyumov K.I., et al.* 2013. 8th Conf. Meteoroids 2013. Poland. IAU C22, no. 077.
3. *Churyumov K.I., et al.* 2015. 17 Int. Sc. Conf. AstSYS. Ukraine. 84–85.
4. *Churyumov K.I., et al.* 2015. AstSR. 11(2), 99–102.
5. *Churyumov K.I., et al.* 2015. NEA — 2015. Intern. Conf. Terskol M: Yanus-K. 153–155.
6. *Churyumov K.I., et al.* 2016. Intern. Conf. Meteoroids 2016, ESTEC. Noordwijk, Netherlands. 63.
7. *Vidmachenko A.P.* AstAlm. 2005. 52, 201–212.
8. *Vidmachenko A.P.* 2015. AstAlm. 62, 228–249.
9. *Vidmachenko A.P.* 2016. AstSR. 12(1), 14–26.
10. *Vidmachenko A.P.* 2016. AstSR. 12(2), 86–95.
11. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18 Intern. Sc. Conf. AstSYS. Ukraine, 10–12.
12. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18 Intern. Sc. Conf. AstSYS. Ukraine, 12–14.
13. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18 Intern. Sc. Conf. AstSYS, Ukraine. 23–27.
14. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18 Intern. Sc. Conf. AstSYS. Ukraine, 27–30.
15. *Vidmachenko A.P.* 2016. Gamow Intern. Conf. Ukraine.
16. *Vidmachenko A.P.* 2016. Intern. Conf. Astron.Space Phys. Ukraine, 67–68.
17. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18 Intern. Sc. Conf. AstSYS, Ukraine, 108–110.
18. *Vidmachenko A.P.* 2016. OAPub. 29, 224–225.
19. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* 2012. bookMAONAS. Kyiv, Ltd. Dia. 255.
20. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* 2014. bookMAONAS, NULES, PHPProfi. 388.
21. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* 2014. AstSR. 10(1), 6–19.
22. *Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A.* 2007. AstAlm. 53, 195–207.
23. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* 2013. AstSR. 9(2), 146–148.

## **Де ще може бути життя у Сонячній системі?**

*Відьмаченко А.П.<sup>1,2</sup>, Стеклов О.Ф.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Головна астрономічна обсерваторія НАН України

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>3</sup>Міжрегіональна академія управління персоналом

Ми точно знаємо, що на Землі життя є. Біосфера Землі, як область розповсюдження живої речовини, має верхню межу білкового життя в атмосфері на висотах 22–25 км; там знайдені спори бактерій і грибків. Нижня межа життя проникає в літосферу на глибину до 2–3 км, концентруючись в шарі глибиною до 6–8 м. У гідросфері життя розповсюджується до дна Маріанської западини в Тихому океані — 11 022 м. Земним життям освоєні такі діапазони фізико-хімічних чинників середовища: температура — від  $-18^{\circ}\text{C}$  до  $+104^{\circ}\text{C}$ ; гідростатичний тиск — від  $\sim 0$  (вакууму) аж до 1400 бар; солоність — від бідистилляту до насичених розчинів солей. Так, деякі мікроорганізми живуть у майже киплячій рідині згаслого вулкану, насиченої кислотами, лугами та солями міді в різних комбінаціях. Основною проблемою сучасної теорії зародження життя є виникнення з первинної хаотичної суміші різних хімічних елементів і простих з'єднань полімерних систем, що самоорганізуються, та їх подальша еволюція. Виникнення життя можна розглядати як перехідний процес становлення біосфери після імпульсної дії, оскільки він вирізняється порівняною короткочасністю і планетарним масштабом. Процес появи органічної речовини на Землі мав свою особливість: вся маса органіки в  $10^{15}$  тонн виникла протягом дуже малого (у геологічному масштабі) часу ( $\sim 1 - 10$  млн. років) відразу в масштабі всієї планети. Тобто жива речовина еволюціонувала через різні форми свого існування [16], але її маса залишилася практично незмінною. Це міг бути, наприклад, могутній потік когерентного електромагнітного випромінювання від космічного лазера. Так, Венера могла бути таким лазером, що сфокусував сонячне випромінювання на Землю. Тоді періодично дією є хвильовий пакет когерентного випромінювання від Сонця, сфокусований атмосферою Венери на нашу Землю [15].

Однією з екологічних ніш для виникнення життя є глибоководна вулканічна діяльність, де практично відсутнє світло, але достатньо тепло, є кисень,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . Адже складними формами життя, що використовують  $\text{H}_2\text{S}$ , заселені практично всі вулканічні глибоководні западини океанів. Основними формами життя на Землі є організми клітинної будови. Винятком є віруси, які є неклітинними формами життя. Вони лише в кілька разів перевищують розмір великих молекул білків (10–275 нм) і не здатні самостійно синтезувати нуклеїнові кислоти і білки, з яких складаються. Потрапивши у клітину, віруси змінюють і перебудовують обмін речовин у ній, і тоді клітина починає синтезувати молекули нових вірусних часточок. Якщо де-небудь і знайдемо життя в Сонячній системі, швидше за все, це будуть мікроскопічні клітини. Ось перелік найімовірніших кандидатів на цю почесну роль.

Супутник Юпітера Іо — один із небагатьох у Сонячній системі з деякою

атмосферою із складних хімічних сполук [2, 14], що потенційно могли б створити та підтримувати життя. Активні вулканічні процеси суттєво зігривають його. Проте ймовірність виникнення життя на Іо дуже мала через негативний вплив сонячного випромінювання, низьку температуру на поверхні та гарячу розплавлену лаву під нею.

Супутник Юпітера Європа також вважається можливим тереном позаземного життя завдяки воді під її поверхнею і вулканічній активності [1, 12, 13]. Вони могли б створити необхідне тепло і необхідні для живих організмів хімічні елементи. Мікробне життя могло потенційно вижити біля гідротермальних виходів на Європі, як це відбувається сьогодні на Землі.

Титан — супутник Сатурна, завдяки своїй потужній атмосфері та наявним органічним сполукам, дуже схожий на тіло, на якому колись могло існувати життя. Наприклад, повітря на Титані наповнене метаном, який зазвичай руйнується сонячним світлом; на Землі живі форми постійно поповнюють запаси метану. Тому припускають, що таке саме могло трапитись і на Титані. І хоча Титан досить холодний, проте там наявні чіткі ознаки кріовулканічної активності, а озера Титана наповнені безліччю вуглеводнів і є потенційними домівками для мікроорганізмів, які могли б харчуватися ацетиленом, а дихати воднем.

Супутник Сатурна Енцелад вважається найімовірнішим кандидатом на життя завдяки присутності води під крижаною поверхнею та простих органічних сполук. Спостереження зонду Кассіні вказують на присутність на ньому необхідних для розвитку життя вуглецю, водню, азоту, кисню тощо. В гейзерах Енцелада виявлено частинки діоксиду кремнію, міститься багато розчиненої кухонної солі, соди. Вони є сильно лужним середовищем з  $\text{pH}=11-12$ . Схожий склад розчинених речовин ( $\text{pH} \approx 10$ ) мають, наприклад, озеро Моно в Каліфорнії та Магаді в Кенії, в яких мешкають як одноклітинні, так і багатоклітинні організми, в тому числі раки, а в останньому — навіть риби.

Вперше явище кріовулканізму було виявлено в приполярних областях супутника Нептуна Тритона космічним апаратом (КА) «Вояджер-2». Вдалося зареєструвати, що з вкритої замерзлим азотом і метаном поверхні при температурі  $\sim 38$  К виригаються гейзери заввишки  $\sim 8-12$  км і товщиною стовпа викиду від 20 м до 2 км. На поверхні Тритона нараховується близько 50 таких плям-фонтанів.

На поверхні Плутона знайдено кріовулкан Райт Монс [5]. Раніше вважалось, що це замерзлий світ з великою кількістю ударних кратерів [4]. Однак дослідження КА «Нові горизонти» показало, що у Плутона переважно безкратерна поверхня із зонами, в яких переважають активні процеси в атмосфері і на поверхні [8]. На самій горі Райт Монс фактично є лише центральний кратер та декілька ударних кратерів навколо. Це говорить про те, що цей крижаний вулкан був чинним у недавній геологічній історії.

Дослідження в 2015 р. за допомогою КА «Світанок» карликової планети Церери виявило там запаси води, які перевищують запаси на Землі. Особливо

цікавим є знаходження на її поверхні крупного кріовулкана. Саме ці факти розширили число можливих об'єктів у Сонячній системі, де слід шукати ті чи інші форми життя.

Щодо планет, то найімовірнішим кандидатом на присутність життя є Марс [6, 7, 9–11]. Він найбільше схожий на нашу планету з близьким розміром і температурою. Слабка атмосфера планети не здатна захищати її поверхню від шкідливої сонячної радіації, хоча мікроби потенційно можуть існувати під поверхнею ґрунту. Геологічні дані вказують на те, що колись поверхнею планети текли ріки та працювали вулкани [3]. На листопад 2009 р. серед більше 24 000 знайдених на Землі метеоритів такими, що прилетіли з Марса, вважаються 34. І хоча б три з них містять потенційні докази минулого життя на Марсі у вигляді мікроскопічних структур, що нагадують скам'янілі бактерії (так звані біоморфи). Також марсоходом «Curiosity» на поверхні Марса знайдено об'єкти, дуже подібні на ціанобактеріальні мати на Землі; вони є багатошаровим товариством бактерій, яке в результаті своєї життєдіяльності формують в земних океанах такі особливі структури, як строматоліти, вік яких сягає кілька мільярдів років. Це може свідчити про життєдіяльність мікроорганізмів на дні марсіанських водойм у далекому минулому.

1. *Shavlovskiy V.I., Vidmachenko A.P.* 2015. NEA-2015. Intern. Conf. Terskol, Yanus-K, 146–149.
2. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* 2012. bookMAONAS. Kyiv, Ltd. Dia. 255.
3. *Vidmachenko A.P.* 2009. AstAlm, 56, 225–249.
4. *Vidmachenko A.P.* 2015. AstAlm, 62, 228–249.
5. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18Int.Sc.Conf. AstSYS. Ukraine, 12–14.
6. *Vidmachenko A.P.* 2016. AstPr, 5IntScConf. FOP NP Kostiuk, Ukraine, 43–48.
7. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18Int.Sc.Conf. AstSYS. Ukraine, 16–17.
8. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18Int.Sc.Conf. AstSYS. Ukraine, 10–12.
9. *Vidmachenko A.P.* 2016. 18Int.Sc.Conf. AstSYS. Ukraine, 14–16.
10. *Vidmachenko A.P.* 2016. BiosignaPr DetMars Analog EnvConf. Hyatt Regency Lake Tahoe. #2002.
11. *Vidmachenko A.P.* 2009. AstSR, 6(2), 131–137.
12. *Vidmachenko A.P., et al.* 2011. AstSR, 7(1), 133–144.
13. *Vidmachenko A.P., et al.* 2011. AstSR, 7(1), 117–132.
14. *Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V.* 2014. bookMAONAS, NULES. Kyiv, PHProfi. 388.
15. *Гордиець Б.Н., Панченко В.І.* 1983. Космич. исслед. №6, 86–91.
16. *Роденко К.М.* 1988. М.: Наука, 156.

## **Моделювання великомасштабної структури Всесвіту за допомогою випадкових гауссівських полів**

*Войцеховський В.В.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Великомасштабна структура складається зі скупчень галактик, з'єднаних філаментами. В цій роботі ми змоделювали двовимірний розподіл галактик використовуючи, випадковий розподіл скупчень галактик.

Основним припущенням було те, що матерія групується відносно початкових флуктуацій густини. Відповідно до теорії Зельдовича, низьковимірна анізотропія має зростати, що призводить до формування філаментів в двовимірному розподілі. Тому було згенеровано сітку філаментів між скупченнями з певними довжинами.

Реальний розподіл галактик був змодельований зміною випадкових розміщень галактик в філаментах і скупченнях. Ми згенерували галактики в скупченнях нелінійними залежностями від оточуючих скупчень і додали рівномірний розподіл ізольованих галактик у войдах.

Візуальний розподіл нашої моделі добре узгоджується з наявними спостереженнями великомасштабної структури Всесвіту, таких як Слоанівський Огляд Неба.

## **Національно-патріотичне виховання на уроках астрономії**

*Волчанський О.В., Бугай С.Й.*

Центральноукраїнський державний педагогічний  
університет імені Володимира Винниченка

У роботі розглядається можливість використання комп'ютера, зокрема онлайн-ресурсів, для розвитку національно-патріотичного виховання на основі ознайомлення учнів із здобутками вітчизняної космічної науки і техніки на уроках астрономії. Наведений приклад розробки уроку з теми «Космічні польоти. Внесок українських вчених у розвиток космічних технологій».

Україна одна з небагатьох ракетобудівних країн, яка має колosalний досвід в освоєнні космічних технологій. Але на початку ХХІ століття галузь стикається з рядом проблем, зокрема кадрових, зумовлених зменшенням інтересу молоді до вивчення природничо-технічних дисциплін. Вітчизняна освіта потребує нового бачення розвитку і свіжих ідей, які змогли б реанімувати галузь. Зрозуміло, що виховувати нове покоління конструкторів і інженерів потрібно починати негайно. Важлива роль в цьому питанні належить шкільній астрономічній освіті.

Астрономія викладається у випускному класі старшої школи і завершує цикл фізико-математичних та природничо-наукових предметів, сприяє формуванню наукового світогляду, демонструє дію фізичних законів у різних просторово-часових масштабах, а також показує силу та велич пізнавальних можливостей людини. Водночас через малу кількість годин, відведеніх у шкільній програмі на вивчення астрономії [1], учителеві доводиться доклада-

ти зусилля, щоб ефективно використати відведений час і сформувати в учнів необхідні мінімальні уявлення про Всесвіт, про шляхи та результати його пізнання й освоєння.

Для здійснення цієї мети необхідно узагальнювати та популяризувати перспективний педагогічний досвід використання ефективних форм і методів навчання астрономії, виховного та патріотичного потенціалу предметів. Важливо звернати увагу учнів на внесок в астрономічну науку та ракетобудівну галузь вітчизняних учених та наукових установ України.

Розробка і проведення тематичних уроків і позакласних годин з використанням патріотичного виховання є однією із цілей дослідження. Важливо зауважити, що цей підхід має амбівалентний характер. З одного боку, уроки такого типу допоможуть формувати національну свідомість, з іншого боку, демонстрація здобутків українських учених стимулюватиме покращення застосування навчального матеріалу та підвищуватиме зацікавленість учнів у його вивченні.

Нами було розроблено тематичний урок на тему «Основи космонавтики». На цьому уроці розкриття основних понять відбувається через призму біографії видатного українського вченого, піонера в теорії космічних польотів і ракетної техніки Юрія Васильовича Кондратюка. Розрахунки керованого польоту на Місяць, зроблені Ю.Кондратюком в 1916 році, були використані американцями при реалізації програми запуску астронавтів, їх висадки на Місяць та повернення на Землю.

Після ознайомлення з деталями біографії та досягнень Ю.Кондратюка учні за допомогою програмного забезпечення KSP Kerbal Space Program [3] стають учасниками віртуальної космічної програми. Космічний симуллятор дозволяє створити власну космічну програму: конструктувати космічний апарат і запускати його для проведення досліджень і освоєння небесних тіл.

Кораблі та ракети складаються з окремих частин, таких як кабіна пілотів, паливні баки, двигуни, обтічники, крила, антени і т.д. Проектування ракет і польотів включають врахування швидкості, опору повітря, орбіти, витрату палива. Гра передбачає вирішення позаштатних ситуацій. Наприклад, запуск кораблів для порятунку застряглих на орбіті астронавтів або вихід астронавтів у відкритий космос для ремонту корабля. Цей програмний продукт дозволить учням наочно побачити, із яких основних частин складається космічний корабель, які швидкості потрібні для його запуску на навколоземну орбіту, і самим спробувати відправитися на природний супутник планети по оптимальній траєкторії.

Таким чином, внесення до навчального матеріалу інформації про досягнення українських вчених у галузі космонавтики в поєднанні з комп'ютерними технологіями дозволить краще реалізувати навчально-виховну мету курсу шкільної астрономії, а саме:

- формування і розвиток у учнів інтересу до сучасної ракетної і космічної техніки;
- виховання почуття гордості за успіх і великий вклад українських уче-

них та космонавтів у розробку основ теорії створення ракет, міжпланетних польотів, практичної космонавтики.

- Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Астрономія, 11 клас. Рівень стандарту. Академічний рівень. Профільний рівень. ( затверджені Міністерством освіти і науки України, наказ №1021 від 28.10.2010). [Електронний ресурс] — Режим доступу: [www.mon.gov.ua/images/education/average/prog12/ast\\_ak.doc](http://www.mon.gov.ua/images/education/average/prog12/ast_ak.doc).
- Офіційний сайт програмного продукту: KSP Kerbal Space Program [Електронний ресурс]— Режим доступу: <https://kerbalspaceprogram.com/en>.

## **Представлення потенціалу селеноїда в залежності від впливу еліпсоїдальності форми і обертового компоненту**

*Гайгель Ю.І.*

Національний університет “Львівська Політехніка”

Як відомо, гравітаційний потенціал сили тяжіння планет формують два компоненти — потенціал сили притягання та потенціал обертання. Для тіла еліпсоїдальної форми вплив цих складових є різним. Очевидно, що зі зростанням еліптичності тіла зросте радіус-вектор другого компоненту.

Внутрішній потенціал  $W_{\tau_i}^b(\delta_j)$  еліпсоїда визначимо як

$$W_{\tau_i}^b(\delta_j) = \frac{3}{4} f V_\tau \delta_i - \left[ \rho_i^2 M_{00}(0) - \rho^2 (M_{10}(0) \sin^2 \theta + M_{01}(0) \cos^2 \theta) \right], \quad P \in \tau_i,$$

зовнішній потенціал:

$$W_{\tau_i}^z = \frac{3}{4} f V_\tau \delta_i \rho_i^3 \left\{ M_{00} \left( \frac{\zeta}{\rho_i^2} \right) - \rho^2 \left[ M_{10} \left( \frac{\zeta}{\rho_i^2} \right) \sin^2 \theta + M_{01} \left( \frac{\zeta}{\rho_i^2} \right) \right] \right\}, \quad \tau_i(P \notin \tau_i).$$

Потенціал всередині еліпсоїдального сегменту  $G_i$  ( $\rho_{i-1} \leq \rho \leq \rho_i$ )

$$W_{G_i}^p = \frac{3}{4} f V_\tau \delta_i \left[ \rho_i^2 M_{00}(0) - \rho^2 (M_{10}(0) \sin^2 \theta + M_{01}(0) \cos^2 \theta) \right].$$

Вищенаведені формули дозволяють визначити гравітаційний потенціал в будь-якій точці простору.

**Табл. 1.** Базові параметри тришарового Місяця

Середня густина $\delta_c$	3,3464 г/см <sup>3</sup>
Середній радіус $R$	$1738 \cdot 10^3$ м
Радіус ядра $R_y$	$340 \cdot 10^3$ м
Радіус мантії $R_m$	$1678 \cdot 10^3$ м
Розподіл густини ядро	5,22 г/см <sup>3</sup>
мантія	3,38 г/см <sup>3</sup>
кора	2,92 г/см <sup>3</sup>

**Табл. 2.** Параметри, які характеризують еліптичність Місяця [3]

Гравітаційна константа $GM$	$0,049\,028 \cdot 10^{14} \text{ м}^2/\text{с}^2$
Екваторіальний радіус $a_e$	$1738,1 \cdot 10^3 \text{ м}$
Момент інерції $\alpha = \frac{A-C}{A}$	0,00039
Швидкість обертання $\omega$	$0,266\,11 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$

Проведені експерименти дозволяють судити про вплив еліптичності та обертової складової на визначення потенціалу притягання небесного тіла, а також доцільноти врахування цього при обчисленнях.

1. Фис М., Голубінка Ю., Юрків М. Порівняльний аналіз формул для потенціалу та його радіальних похідних тришарових кульових та еліпсоїдальних планет // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — 2014. — Вип. 1. — С.46–51.
2. Zuber M.T., et al. Gravity Field of the Moon from the Gravity Recovery and Interior Laboratory (GRAIL) Mission // Scienceexpress, DOI: 10.1126/science.1231507, December 2012. [online]  
Available: [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org). [Accessed: 2 September 2015].
3. NASA. «Planetary Fact Sheet», <http://nssdc.gsfc.nasa.gov>. [online].  
Available: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>  
[Accessed: Sep. 2, 2016].

## **Картографування водяної рослинності верхів'я Київського водосховища з використанням різночасових супутникових знімків Sentinel-2**

*Германюк В.А.*

Національний авіаційний університет, Київ

Для картографування об'єктів природного середовища за даними ДЗЗ вирішується завдання автоматичної класифікації. Для вирішення завдання автоматичної класифікації даних ДЗЗ Sentinel-2 в даному дослідженні проведено збір різночасових знімків на досліджувану територію, було відібрано 7 знімків, які характеризують зміну стану рослинності протягом сезону вегетаційної активності на період березень–вересень. Представлено у вигляді часового ряду. Як відомо, часовим рядом називають послідовності вимірювань у фіксовані моменти часу. Часові ряди дозволяють описувати неперервні явища у часі, для даних ДЗЗ вони дозволяють описувати динаміку зміни природних об'єктів, ділянок земної поверхні, однак інформація про явище надходить вибірково по причинам періодичності знімання, а також відсіювання зображень з надмірним впливом хмарності для зони дослідження.

Для даних мультиспектральних знімків було усунено вплив атмосфери. Далі за даними було розраховано значення вегетаційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормалізований відносний індекс рослинності — простий кількісний показник кількості фото-синтетично активної біомаси для цілей розрахунку допоміжних характеристик. Розраховано три допоміжні характеристики: значення для дня початку вегетаційного періоду,

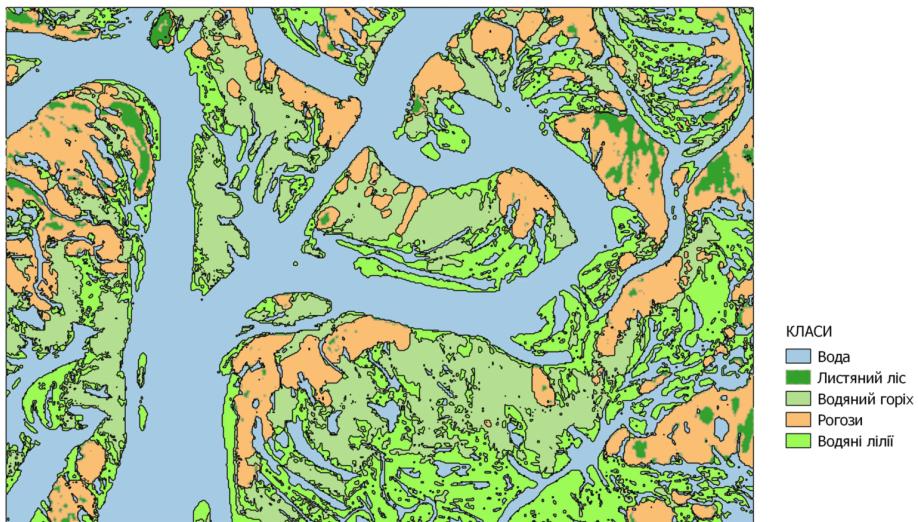


Рис. 1



Рис. 2

дня максимального значення NDVI та значення швидкості зростання значень до настання дня максимального значення NDVI. Ці додаткові характеристики використовувались під час класифікації разом з іншими спектральними каналами знімку. Процес класифікації полягав у розподілі на 5 класів: вода, ліс, водяний горіх (*Tara natans*), рогіз широколистий (*Typha latifolia*), водяні лілії (*Nymphaea*). Вибрані класи в основному переважають на даній території дослідження. Класифікацію і подальше картографування було здійснено для території верхів'я київського водосховища за 26 серпня 2016 року в період максимальної вегетаційної активності рослин за допомогою методу опорних векторів (support vector machine).

Наступним етапом дослідження стала оцінка точності класифікації. Оцінку точності визначено за методом матриці неточностей (confusion matrix), за якою загальна точність класифікації склала 77,33%. На основі отриманої класифікації класи перетворено в векторні шари, підраховано площини відношення до загальної площини досліджуваної території яка складає 24,7 км<sup>2</sup> (табл. 1).

**Табл. 1.** Площі класів

Назва класу	Площа, км <sup>2</sup>	Від загальної площини, %
Вода	10,054	40,75147
Ліс	0,7565	3,066291
Водяний горіх	4,735	19,19219
Рогіз широколистий	3,908	15,84014
Водяні лілії	5,218	21,14991

Доведено, що в результаті карта рослинності верхів'я київського водосховища, отримана методом класифікації, дає змогу оцінювати екологічну ситуацію, а також здійснювати моніторинг стану водного об'єкту та рослинності водосховища.

## **Обробка астрономічних зображень математичними методами**

Дмитренко А.М.<sup>1</sup>, Ахметов В.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

<sup>2</sup>НДІ астрономії Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна

В останні десятиліття в астрономії використовують ПЗЗ матриці для отримання зображень зірок та інших небесних об'єктів. З розвитком обладнання збільшується як точність вимірювань так і об'єми отриманих даних. В сучасній астрономії використовуються зображення небесних світил, розміри яких сягають декількох Гб. Для їх обробки необхідно використовувати потужні ресурси обчислювальної техніки та оптимальні алгоритмічні рішення. Новий стандарт FITS v4.0 2016 року вдвічі збільшує розміри таких астрономічних зображень порівняно з минулим стандартом.

В даній роботі представлені результати первинної обробки астрономічних зображень. Первинна обробка зображень може бути виконана двома різними шляхами: з використанням службових кадрів (dark, flat, ...) та за допомогою математичних методів. Необхідність обробляти зображення за допомогою ма-

тематичних методів досить велика. Далеко не завжди наявні службові кадри. Наприклад, зображення, які були отримані шляхом сканування фото-платівок.

Використання фільтрації з різними видами медіанного ядра дає можливість виконати первинну обробку астрономічних зображень без службових кадрів. Після застосування математичних методів в обробці зображень оцінка близьку та положень об'єктів визначається з меншою похибкою.

1. Bertin E., Arnouts S. SExtractor: software for source extraction // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 1996. — 117. — P.393–404.
2. Kouprianov V. Distinguishing features of CCD astrometry of faint GEO objects // Advances in Space Research. — 2008. — 41, Is.7. — P.1029–1038.
3. Savanevych V.E., et al. A new method based on the subpixel Gaussian model for accurate estimation of asteroid coordinates // MNRAS. — 2015. — 451, Is.3. — P.3287–3298.

## **Особенности орбитального вращательного движения спутников планет**

Железняк О.А.

Национальный авиационный университет, Киев

Проведен анализ и сделана классификация динамических свойств спутников планет. Рассмотрены различные виды сил, которые возмущают движения спутников. Кратко обсуждаются основные решения системы дифференциальных динамических уравнений спутников для различных физических моделей. Указано на важную роль в эволюции орбитально-вращательного движения приливных сил, порождающих диссиацию энергии системы. Получены условия захвата спутниковых орбит в резонанс с вращательным движением и возникновение резонансов в спутниковых системах. Показано, что на различных стадиях эволюции спутниковых систем возникает взаимодействие орбитального, вращательного и либрационного движения. Подробное изучение таких видов движения дает информацию о форме тела и внутреннем строении спутников планет.

## **Аерокосмічні методи моніторингу міських агломерацій в інфрачервоному діапазоні електромагнітних хвиль**

Железняк О.О. (мол.)

Національний авіаційний університет, Київ

На земній поверхні існують антропогенні об'єкти із значними втратами теплової енергії: мережі міського і промислового теплозабезпечення, металургійні та нафтопереробні підприємства. Згадані споруди є дуже важливими для життєдіяльності людини, тому постає питання ефективності використання виробленої енергії.

Соціально-економічний стан України привів до істотного зношування теплових мереж міських агломерацій і завершенню терміну безпечної експлуатації обладнання на металургійних, хімічних підприємствах та об'єктах нафтогазового комплексу. В зв'язку з цим виникає ймовірність техногенних аварій

антропогенних споруд, що використовуються для життєдіяльності населення на території міських агломерацій. Запобігання і зниження збитків від техногенних аварій потребує здійснення моніторингу і прогнозування на основі об'єктивної геономної інформації про стан збудованих споруд. З набутого досвіду стало зрозумілим, що найбільш ефективними для моніторингу стану агломерацій є аерокосмічні методи, що дозволяють картографувати просторовий розподіл фізичних властивостей об'єктів на основі різночасового і мультиспектрального знімання вибраних територій. Своєчасне визначення проблемних зон міських агломерацій дозволяє приймати раціональні управлінські рішення, пов'язані з експлуатацією теплових мереж, будинків та промислових підприємств. Враховуючи фізико-технічні властивості зазначених споруд, найбільш інформативним є аерокосмічне знімання територій в інфрачервоному тепловому діапазоні довжин хвиль.

Проведення дистанційних аерокосмічних досліджень дозволяє здійснювати моніторинг в ІЧ-діапазоні спектру територій, який надає просторову геоному інформацію про втрати вибраної теплової енергії. Одержання такої інформації дозволяє побудувати тематичні карти втрат енергії міської агломерації і визначити проблемні місця, в яких можуть виникати аварійні ситуації, а також виявляти вузли максимальної втрати теплової енергії на територіях міських агломерацій. Антропогенні споруди віддають тепло в оточуюче середовище, в зв'язку з чим істотно збільшують своє випромінювання в ІЧ-діапазоні електромагнітних хвиль. Виникаючі при цьому аномалії теплового випромінювання є об'єктом аерокосмічного знімання територій в ІЧ-діапазоні. Картографування просторового розподілу теплових аномалій на території міських агломерацій дозволяє виявляти динаміку енергетичних втрат і здійснювати оцінку ефективності використання виробленої теплової енергії, враховуючи взаємодію з навколоишнім середовищем.

В даний час дефіциту енергоносіїв, що необхідні для життєдіяльності міських агломерацій, великоого значення набуває моніторинг і контроль за використанням енергетичних ресурсів. Використання аерокосмічних методів в ІЧ-діапазоні показує шляхи зменшення витрат теплової енергії антропогенних споруд на основі достовірної геономної просторової інформації, пов'язаної з виникненням штучних теплових полів (плям). Ефективність і високу оперативність контролю за тепловими полями антропогенного походження показує теплове інфрачервоне знімання міських агломерацій. Достовірна і незалежна аерокосмічна інформація про стан теплових мереж та втрати енергії при виробництві продукції є необхідною для ефективного управління територіями.

Інфрачервоне знімання територій потребує реєстрації випромінювання, що надходить від різних антропогенних споруд міської агломерації на таких діапазонах довжин хвиль  $\lambda$ : 0,76–3,2 мкм, 3,2–7 мкм, 7–15 мкм та 15–100 мкм. Оскільки значна частина ІЧ-випромінювання поглинається атмосферою, то для аерокосмічних досліджень територій вибираються «вікна» прозорості для знімання в діапазоні довжин хвиль від 3 до 15 мкм, в якому найбільш інтенсивно випромінюють споруди через втрати власного тепла.

# **Особливості інфрачервоного випромінювання земних ландшафтів**

**Железняк О.О. (мол.)**

Національний авіаційний університет, Київ

Випромінювання земних ландшафтів складається з власного випромінювання та відбитого і розсіяного сонячного випромінювання атмосферними шарами і земною поверхнею.

Структури ландшафтів, як нагріті тіла, випромінюють електромагнітні хвилі, значна частина яких припадає на інфрачервону (теплову) область спектра. Випромінювання земних ландшафтів в основному складається з власного і відбитого поверхня земної поверхні і шарів атмосфери, з якими взаємодіє сонячне випромінювання. Інфрачервоні хвилі заповнюють усі компоненти земних ландшафтів, причому інтенсивність теплового випромінювання, спектральний склад та його кутовий розподіл залежить від температури, фізико-хімічних властивостей оточуючих тіл і середовища.

Вивчення земних ландшафтів з використанням дистанційного аерокосмічного знімання в інфрачервоному діапазоні дає можливість здійснити тематичне теплове картографування територій і виявити різні природні і антропогенні структури в процесі порівняння їхньої випромінювальної здатності. В першу чергу, теплове знімання використовують для знаходження ділянок поверхні, в яких існує значний температурний контраст з навколошнім середовищем (геотермальні джерела, пожежі в лісах і на торф'яних болотах, теплотраси міських агломерацій, теплові електростанції, металургійні заводи та інші споруди, пов'язані з життедіяльністю людини).

Дистанційне визначення неоднорідностей температури ландшафтних структур потребує вивчення контрастів яскравості аерокосмічних знімків територій, що проведені в інфрачервоному діапазоні спектру. Перепади температури структурних складових ландшафтів залежать від пори року, часу доби, фізико-хімічних властивостей ґрунтів, випромінювальної здатності структур природного і антропогенного походження. Створення теплових тематичних карт територій потребує детального дослідження контрастів зображень, одержаних дистанційними методами на різних хвилях в тепловому діапазоні спектру.

Інтенсивність теплового випромінювання різних об'єктів ландшафту  $b(\lambda, T)$  залежить від температури  $T$ , довжини хвилі  $\lambda$ , випромінювальної здатності складових ландшафту, яка може істотно відрізнятися завдяки фізико-хімічним властивостям наявних ландшафтних структур. В загальному спектральній залежності  $b(\lambda, T)$  визначається

$$b(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda, T) \frac{c_1}{\lambda^5} \left( e^{c_2/\lambda T} - 1 \right)^{-1}. \quad (1)$$

В формулу (1) включені постійні величини:  $c_1 = 2\pi\hbar c^2$ ,  $c_2 = hc/k$ , де  $c$  — швидкість світла,  $h$  — стала Планка,  $k$  — стала Больцмана.

Якщо знімання території проведено на одній вибраній довжині хвилі  $\lambda = \lambda_1$ ,

тоді для знаходження температурних неоднорідностей необхідно продиференціювати (1) по температурі  $T$ , перейшовши до відносних змін яскравості  $\frac{\Delta b}{b}$  і температури  $\frac{\Delta T}{T}$  та відносних змін випромінювальної здатності  $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$ . Маємо такий вираз неоднорідності яскравості і температур:

$$\frac{\Delta b}{b} = \left[ \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} T + \frac{c_2}{\lambda T} \left( e^{c_2/\lambda T} - 1 \right)^{-1} e^{c_2/\lambda T} \right] \frac{\Delta T}{T}. \quad (2)$$

Таким чином, згідно формули (2), неоднорідності температур ландшафтних структур визначаються за допомогою знаходження відносного перепаду яскравості на вибраній довжині хвилі в інфрачервоному діапазоні та змін від температури випромінювальної здатності об'єктів ландшафтів.

Залежність випромінювальної здатності об'єктів ландшафтних структур від температури потребує спеціальних досліджень. Найпростішою залежністю випромінювальної здатності об'єктів ландшафтів є лінійний закон від температури, а саме:

$$\varepsilon(T) = \alpha T + \beta, \quad (3)$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  є постійними величинами, які встановлюються експериментально для вибраної довжини хвилі, причому  $\alpha$  може бути більше 0, менше 0, а якщо випромінювальна здатність не залежить від температури, то  $\varepsilon(T) = \beta$  і буде константою. Але це є значним наближенням, що впливає на точність визначення неоднорідностей температур ландшафтних структур і випромінювальна здатність у всьому діапазоні температур береться середньою (середні значення для ландшафтних структур подані в таблиці). При дешифруванні аерокосмічного знімка в інфрачервоному діапазоні ми можемо присвоїти  $\varepsilon$  кожному з вибраних об'єктів. Більш складною процедурою є визначення кольорової температури, якщо для дослідження використовувати аерокосмічні зображення ландшафтів в інфрачервоному діапазоні в двох або декількох довжинах хвиль.

В такому випадку в (1) уже передбачається залежність яскравості від довжини хвилі, тому необхідно продиференціювати по довжині хвилі вираз (1), використовуючи відносні зміни величин на різних довжинах хвиль. Отримуємо залежність

$$\frac{\Delta b}{b} = \left[ \frac{c_2}{\lambda T} \left( e^{c_2/\lambda T} - 1 \right)^{-1} e^{c_2/\lambda T} + \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} \lambda - 5 \right] \frac{\Delta \lambda}{\lambda}. \quad (4)$$

Отже, для визначення температури необхідно знати залежність випромінювальної здатності структур ландшафту від довжини хвилі. Для наближених розрахунків ми можемо скористатися залежністю випромінювальної здатності, встановленої від індексу NDVI

$$\varepsilon = \alpha_1 + \alpha_2 \ln \text{NDVI}, \quad (5)$$

де  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  — постійні величини, що визначаються окремо для кожного елемента ландшафту. Для інфрачервоного діапазону при наближених обчисленнях

температури з певною точністю можна допустити, що

$$\frac{c_2}{\lambda T} \left( e^{c_2/\lambda T} - 1 \right)^{-1} e^{c_2/\lambda T} \approx 1. \quad (6)$$

Тоді з врахуванням (6) можемо знайти кольорову температуру, знаючи відносні зміни яскравості і довжини хвиль, за такою спрощеною формулою:

$$T \approx \frac{c_2}{\left( \frac{\Delta b/b}{\Delta \lambda/\lambda} + 5 \right) \lambda - \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}}. \quad (7)$$

Таким чином, в результаті досліджень встановлено, що при застосуванні ІЧ-знімання території знаходяться температурні неоднорідності ландшафтних структур, що визначаються контрастом відносної яскравості на різних довжинах хвиль, а також відносними змінами випромінювальної здатності об'єктів ландшафтів. Для більш точного визначення аерокосмічними методами температурних неоднорідностей і створення геотермальних карт територій агломерацій необхідно знати залежність випромінювальної здатності об'єктів ландшафтів від температури і довжини хвилі. При цьому важливого значення можуть набути вологість, шороховатість, рослинність та інші фізико-хімічні властивості ландшафтних структур природного і антропогенного походження.

## Аналіз методів знаходження особливих точок на зображеннях

*Закусило О.П., Пилипчук В.В.*

Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геології НАН України

Зіставлення зображень є одним з фундаментальних аспектів багатьох завдань дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), таких як розпізнавання об'єктів, побудова тривимірної сцени на основі декількох зображень, створення стереопар, створення панорамних зображень, ідентифікація об'єктів на отриманих зображеннях.

Для вирішення поставлених завдань необхідно знайти і описати за різними ознаками ключові елементи зображень (точки, лінії, області), які повинні мати наступні властивості: унікальність щодо деякої околиці і зображення в цілому; інваріантність до афінних перетворень; стабільність щодо шумів; ефективність при ідентифікації об'єктів в сукупності аналізованих зображень.

У проведенню дослідження вивчено ряд детекторів знаходження ключових точок, таких як детектор Mogavec (Моравець), Harris (Xappica), FAST (Features from Accelerated Segment Test), SIFT (Scale Invariant Feature Transform), SURF (Speeded Up Robust Features), BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features), ORB, GLOH (Gradient Location-Orientation Histogram).

За результатами проведеного дослідження зроблені наступні висновки:

- детектор Mogavec є найкращим детектором кутів на зображеннях, але володіє рядом недоліків — велика кількість помилок через присутній на зображеннях шум, анізотропія тільки у 8 напрямках, не інваріантний до повороту;

- детектор Harris є покращеною версією детектора Mogaves, але для нього характерна чутливість до зміни масштабу і шуму;
- детектор FAST має високу швидкість роботи, але його ефективність залежить від порядку обробки зображення і розподілу пікселів на зображення;
- детектори SIFT та GLOH є інваріантними щодо зміни масштабу, зміщення зображення об'єкта на сцені, обертання об'єкта або камери. Недоліком є їх велика обчислювальна складність. Також варто відзначити, застосування методу SIFT істотно обмежено для вирішення описаних вище задач ДЗ3;
- детектор SURF, також як і SIFT, є методом детектування ключових точок і побудови їх дескрипторів. SURF знаходить ключові точки за допомогою матриці Гессе. Метод SURF не інваріантний до афінних перетворень і не стабільний до зміни яскравості зображення, низька ефективність для зображень з фрактальної структурою або зі сценами різних пор року;
- детектор BRIEF є одним з найшвидших і простих детекторів. Однак дескриптор BRIEF є не інваріантним до повороту, а також малоефективний для фрактальних зображень і не стійкий до різкої зміни освітленості об'єкта;
- детектор ORB є комбінацією детекторів FAST і BRIEF, а відповідно даний метод є покращеним варіантом дескриптора BRIEF.

В цілому, можна зробити висновок, що час пошуку особливих точок усіма методами пропорційний кількості пікселів на зображення, за інтегральним оцінюванням для вирішення задач ДЗ3 найбільш раціонально застосовувати детектори Harris і FAST.

## **Ближайшие к Солнцу космические объекты**

*Захожай В.А., Денищенко С.И.*

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

Важное место в изучении звезд низкой светимости, субзвезд и экзопланет занимают ближайшие окрестности Солнца, где эти объекты доступны для наблюдения. Изучение статистических свойств объектов низкой светимости проводится на основании создаваемых каталогов. В последние два десятилетия оптические наблюдения пополнились данными, полученными в инфракрасном диапазоне волн, что позволило не только открыть существование ранее предсказанных субзвезд, а и обнаружить их достаточное число в окрестностях Солнца. Субзвезды также начали открывать методами, предложенными для обнаружения экзопланет.

Данные о числе звезд низкой светимости увеличились после опубликованных в электронном виде первых результатов, полученных космическим телескопом GAIA [1]. Появилась возможность пересмотра ранее построенных каталогов ближайших к Солнцу звезд [2–4] с учетом более высокой надежности определения параллаксов (полученных в рамках миссии HIPPARCOS и

начатой — GAIA) и открытых субзвезд и экзопланет [5–7]. Это и определило как актуальность исследования проблемы ближайших к Солнцу космических объектов, так постановку задачи о создании их каталога на современной наблюдательной базе.

Начато создание новой версии Каталога ближайших к Солнцу объектов, основу которого составляют их основные астрофизические параметры. Построены гистограммы этих параметров и проведен предварительный анализ их пространственного распределения.

1. Первая версия каталога GAIA, 2016 г. —  
<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/home>
2. Захожай В.А. // Вестн. Харьк. ун-та. — 1982. — № 232, вып. 17. — С.64.
3. Захожай В.А. // Кинем. и физ.неб. тел. — 1994. — **10**, № 2. — С.68.
4. Захожай В.А. // Кинем. и физ. неб. тел. — 2002. — **18**, № 6. — С.535.
5. ADS: SIMBAD. — [http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim\\_id?Ident=%401405432&Name=LHS%20%20%20121](http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim_id?Ident=%401405432&Name=LHS%20%20%20121).
6. Stars within 10 parsecs. — <http://www.solstation.com/stars/pc10.htm>.
7. Exoplanet catalog. — <http://exoplanet.eu/catalog.php>

## **Особенности времён горения водорода в недрах звезд различных населений Галактики**

*Захожай В.А., Забуга С.И.*

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

Звезды с разным элементным составом относят к различным населениям космических объектов. В нашей Галактике к населению I принадлежат звезды солнечного элементного состава с нулевой металличностью  $[Me/H]=0$ , которой соответствует содержание тяжелых химических элементов  $Z=0,02$ . Эти звезды сосредоточены в галактическом диске. Максимумы распределения металличностей звезд гало Галактики равны значениям  $[Me/H]=-0,7$  и  $[Me/H]=-1,3$  [1], что соответствует содержаниям  $Z=0,004$  и  $Z=0,001$ , соответственно. Их относят к населению II. Выделяют и звезды населения III с нулевым содержанием «металлов»  $Z=0$ , образовавшиеся во Вселенной вскоре после рекомбинации атомов водорода.

Время жизни звезд главной последовательности, которое и определяет продолжительность горения водорода, зависит от их начальной массы. Элементный состав звезд вносит определенные корректизы на время горения водорода. Представляет интерес выявить такие особенности, получив для времен горения водорода, начальных звездных масс и элементного состава определенные аналитические связи. Поиску таких зависимостей и посвящено настоящее исследование.

Представлены результаты поиска зависимостей между временем горения водорода в недрах звезд населений I–III и их начальной массой. Полученные связи описываются линейной логарифмически-степенной функцией, свободные члены которой зависят от принадлежности к определенному насе-

нию звезд. Приведены результаты обобщения полученных зависимостей и сравнение полученных выражений с ранее полученными полиномиальными аппроксимациями, в частности, для населений I и III [2].

1. Сучков А.А. // В кн. «Галактики знакомые и загадочные». — М.: Наука, 1978. — С.48.
2. Захожай В.А. // Кинем. и физ. неб. тел. — 2013. — **29**, № 4. — С.61.

## Наблюдения и моделирования распределений энергии в спектрах молодых звезд

Захожай О.В.<sup>1</sup>, Захожай В.А.<sup>2</sup>, Курацов К.С.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

<sup>3</sup>Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Казахстан

Исследование молодых звезд является одним из основных направлений в астрофизике. Это связано прежде всего с тем, что данные исследования позволяют больше узнать о самой звезде, о процессе формирования и эволюции звезд и планет. Такие исследования проводятся астрономами разных стран, однако все еще остаются неясными некоторые вопросы, в частности, физические характеристики молодых нестационарных звезд и определенные детали их эволюции.

Цель данной работы — определение физических и геометрических характеристик звезд типа Ae/Be Хербига и окружающих их протопланетных дисков, опираясь на наблюдения и моделирования распределений энергии в

**Табл. 1.** Фотометрические данные исследуемых звезд

Объект	$\alpha$	$\delta$	U	B	V
MWC 84	04 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 42,141 <sup>s</sup>	+55° 59' 57,70"	$7,21 \cdot 10^{-10}$	$6,47 \cdot 10^{-10}$	$8,46 \cdot 10^{-10}$
MWC 297	18 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 39,527 <sup>s</sup>	-03° 49' 52,05"	—	$9,61 \cdot 10^{-11}$	$4,92 \cdot 10^{-10}$
MWC 314	20 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 03,613 <sup>s</sup>	+39° 29' 50,058"	$7,97 \cdot 10^{-10}$	$1,53 \cdot 10^{-9}$	$4,17 \cdot 10^{-9}$
MWC 342	19 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 31,540 <sup>s</sup>	+31° 06' 20,12"	$1,03 \cdot 10^{-9}$	$1,08 \cdot 10^{-9}$	$1,86 \cdot 10^{-9}$
MWC 623	19 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 31,540 <sup>s</sup>	+31° 06' 20,12"	$7,51 \cdot 10^{-10}$	$9,31 \cdot 10^{-10}$	$2,26 \cdot 10^{-9}$
MWC 930	18 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 25,235 <sup>s</sup>	-07° 13' 17,83"	—	$5,71 \cdot 10^{-11}$	$3,73 \cdot 10^{-10}$
MWC 1080	23 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 25,582 <sup>s</sup>	+60° 50' 43,39"	$2,80 \cdot 10^{-10}$	$4,61 \cdot 10^{-10}$	$9,22 \cdot 10^{-10}$
MWC 137	06 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 45,518 <sup>s</sup>	+15° 16' 52,25"	$3,30 \cdot 10^{-10}$	$2,79 \cdot 10^{-10}$	$5,57 \cdot 10^{-10}$

Объект	R	I	J	H	K
MWC 84	$1,02 \cdot 10^{-9}$	$1,56 \cdot 10^{-9}$	$3,01 \cdot 10^{-9}$	$3,82 \cdot 10^{-9}$	$4,17 \cdot 10^{-9}$
MWC 297	$2,12 \cdot 10^{-9}$	$6,74 \cdot 10^{-9}$	$1,20 \cdot 10^{-8}$	$1,70 \cdot 10^{-8}$	$2,08 \cdot 10^{-8}$
MWC 314	$7,14 \cdot 10^{-9}$	$1,51 \cdot 10^{-8}$	$8,80 \cdot 10^{-9}$	$5,92 \cdot 10^{-9}$	$2,92 \cdot 10^{-9}$
MWC 342	...	$3,15 \cdot 10^{-9}$	$5,11 \cdot 10^{-9}$	$3,95 \cdot 10^{-9}$	$4,51 \cdot 10^{-9}$
MWC 623	$3,30 \cdot 10^{-9}$	$5,63 \cdot 10^{-9}$	$4,16 \cdot 10^{-9}$	$4,15 \cdot 10^{-9}$	$2,51 \cdot 10^{-9}$
MWC 930	$1,72 \cdot 10^{-9}$	$5,73 \cdot 10^{-9}$	$7,05 \cdot 10^{-9}$	$5,75 \cdot 10^{-9}$	$3,11 \cdot 10^{-9}$
MWC 1080	$1,67 \cdot 10^{-9}$	$3,73 \cdot 10^{-9}$	$3,56 \cdot 10^{-9}$	$3,92 \cdot 10^{-9}$	$4,83 \cdot 10^{-9}$
MWC 137	$1,03 \cdot 10^{-9}$	$1,83 \cdot 10^{-9}$	$1,11 \cdot 10^{-9}$	$9,09 \cdot 10^{-10}$	$1,11 \cdot 10^{-9}$

спектрах. Ранее авторами была изучена молодая звезда IRAS 22150+6109 [1]. Наблюдения звезды в оптическом диапазоне проводились на 1-м телескопе Тянь-Шаньской астрономической обсерватории (г. Алматы, Казахстан). Анализ полученных фотометрических и спектральных наблюдений звезды позволил получить новые данные о физических свойствах звезды.

В данной работе в качестве объектов исследования было выбрано 8 молодых звезд (MWC84, MWC297, MWC314, MWC342, MWC623, MWC930, MWC1080, MWC137) и проведены их фотометрические наблюдения на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории (табл. 1). Получены предварительные результаты моделирования распределений энергии в спектрах исследуемых звезд.

1. *Kuratov K.S., Zakhzhay O.V., Miroshnichenko A.S., Zakhzhay V.A. // Odessa Astron. Publ. — 2015. — 28/1. — P.36.*

## **Статистические связи и закономерности в астрофизике и звездной астрономии**

*Захожай В.А.*

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

Существует три вида связей и выявленных закономерностей между параметрами космических объектов: 1) следующих из их физической природы; 2) установленных из их статистических свойств; 3) проявляющихся в результате анализа результатов расчета моделей, которые не имеют аналитических решений.

Первый вид связей устанавливают в результате анализа открытых физических законов. Они имеют строгий аналитический вид, а степень отклонения от них или согласия с ними служит мерой подчинения реальных физических систем установленным физическим законам. Второй вид связей устанавливается в результате статистической обработки определенных выборок астрономических (физических) характеристик. В результате могут быть установлены определенные закономерности и корреляционные связи между ними, осмысление которых может привести к установлению ранее не известных законов природы. Третий вид связей устанавливается на основе анализа результатов численных решений, описывающих определенные модели космических объектов.

К настоящему времени получен огромный наблюдательный и экспериментальный материал, содержащийся в астрономических каталогах и таблицах. Эти данные, полученные зачастую в различных разделах астрономии, не всегда согласованы между собой, что при применении их к широкому кругу решений задач может привести к установлению ложных закономерностей.

В работе анализируется накопленный наблюдательный материал и данные о численном моделировании различных космических объектов, статистическая обработка которых целесообразна для установления различных связей и закономерностей в звездных системах и их компонентах.

## **Фотометрические исследования сейфертовской галактики NGC 7469**

*Захожай В.А.<sup>1</sup>, Шомшекова С.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

<sup>2</sup>Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Казахстан

Представлены результаты фотометрических исследований сейфертовской галактики NGC 7469 в фильтрах *B*, *V* и *R*, проведенных со 2 сентября 2013 года по 13 декабря 2015 года.

Наблюдения проводились на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории АФИФ на 1-м телескопе системы Ричи-Критьена фирмы Карл Цейсс Йена с корректором фокуса и эквивалентным фокусным расстоянием 6,5 м. Поле зрения составляло  $20' \times 20'$ . Для наблюдений использовалась CCD камера U9000D9 фирмы Apogee Alta и BVR Astrodon фильтры. Угловой масштаб кадра с изображением объектов —  $0,38''/\text{пиксель}$ . Для обработки наблюдений применялись стандартные программы *Maxim DL 5*.

Анализ изменений блеска сейфертовской галактики NGC 7469 на исследуемом интервале времени показал, что их вариации в трех фильтрах происходят синхронно. Разница между максимальной и минимальной амплитудой блеска составляет для фильтра *B* —  $0,46''$ , *V* —  $0,2''$ , *R* —  $0,33''$ . Среднеквадратичные ошибки для фильтров *B*, *V* и *R*, полученные в течение одной наблюдательной ночи, составили:

2013 г. —  $B = \pm 0,004''$ ;  $V = \pm 0,006''$ ;  $R = \pm 0,006''$ ;

2014 г. —  $B = \pm 0,003''$ ;  $V = \pm 0,032''$ ;  $R = \pm 0,058''$ ;

2015 г. —  $B = \pm 0,004''$ ;  $V = \pm 0,004''$ ;  $R = \pm 0,009''$ .

Обсуждается выдвинутая гипотеза о механизме наблюденных изменений блеска в разных фильтрах: источником наблюденных явлений могут быть изменения темпов акреции вещества на сверх массивную чёрную дыру.

## **Шкала времени эволюции ключевых событий звездных скоплений**

*Захожай В.А., Вовк С.Р.*

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

Звезды и субзвезды образуются группами из протоскоплений и проходят основные стадии эволюции. На каждом этапе эволюции звезды и субзвезды можно выделить ключевые события, которые определяются исходя из их физических свойств и начальных масс. Каждое ключевое событие длится только ему характерное время. Выстроив, таким образом, шкалу звездных масс, можно поставить в соответствие время наступления определённого события. Поскольку общее количество таких ключевых событий образует счётное множество, эволюцию звездных скоплений можно представить в виде дискретного процесса, который характеризуется последовательностью наступления ключевых событий. Это и определило постановку задачи, результаты решения которой представлены в настоящей работе.

В основе рассматриваемой модели эволюции звездного скопления было положено, что начало эволюции всех первых звезд и субзвезд происходило одновременно, а интервал звездно-субзвездных масс соответствует солнечно-му элементному составу. Этот интервал (от  $0,012$  до  $150M_{\odot}$ ) был поделен на 10 частей. Для каждой из них был представлен типичный эволюционный сценарий эволюции прохождения космическими телами стадий протозвезд, главной последовательностей, двух последовательностей гигантов и звездных остатков, учитывающий потерю вещества, на каждом этапе эволюции. Такому сценарию было представлено в соответствие два графа: один, демонстрирующий наступления ключевых событий, другой — шкалу времени развития эволюции звездного скопления. Конструирование графов осуществлялось методами статистической космогонии [1–3].

Определены все составляющие, определяющие времена наступления ключевых событий для космических тел (узлы второго графа), попадающих в соответствующий интервал начальных масс и последовательность времен общего эволюционного сценария развития звездного скопления.

1. *Zakhzhay V.A. // Astron. Astrophys. Transact.* — 1996. — **10**. — P.321.
2. Захожай В.А. // Изв. Крымской Астрофиз. Обс. — 2009. — **104**, № 6. — С.80.
3. Захожай В.А. // Изв. ГАО в Пулкове. — 2009. — № 219, вып.4. — С.105.

## **Післястартове калібрування супутниковых оптико-електронних сенсорів спостереження Землі та продукти обробки супутниковых даних**

Зєлик Я.І.

Інститут космічних досліджень Національної академії наук України  
та Державного космічного агентства України

Розглядаються результати досліджень та перспективні напрямки їх продовження стосовно створення в Україні науково-методичного та програмного забезпечення регулярного післястартового радіометричного калібрування оптико-електронних сенсорів ДЗЗ як основи для створення каліброваних продуктів даних в Україні, конкурентоздатних на світовому ринку продуктів та послуг спостереження Землі з космосу. Післястартове радіометричне калібрування найнижчого рівня полягає у переведенні у кожному спектральному діапазоні багатоспектральної знімальної системи (зокрема, створюваних в Україні КС «Січ-2-1», «Січ-2М») цифрових значень пікселів супутникового зображення в абсолютні значення фізичної величини — спектральної енергетичної яскравості біля бортового сенсора (поза атмосферою) — первинного продукту даних рівня обробки 1В (NASA (EOSDIS), CEOS).

Запропоновано для впровадження у науково-методичному, метрологічному та програмному забезпеченні післястартового радіометричного калібрування КС «Січ-2-1», «Січ-2М» продовжити та виконати, в першу чергу, такі підготовчі та науково-дослідні роботи:

1. Визначення системи рівнів оброблення даних ДЗЗ відповідно до існуючих міжнародних рівнів та формування переліку каліброваних кінцевих продуктів даних спостереження Землі з космосу в Україні, що надаватимуться на світовий ринок.

2. Проведення спектральних досліджень тестових об'єктів (ТО) земної поверхні на території України, придатних для калібрування, на основі даних супутниковых зображень і здійснення на ТО наземних спектрометричних вимірювань.

3. Створення на певних обраних ТО інфраструктури калібрувальних полігонів.

4. Формування парку обладнання для проведення наземних вимірювань характеристик ТО, атмосфери та довкілля, синхронних з супутниковою зйомкою, та розроблення відповідних методик наземних вимірювань.

5. Удосконалення і тестування програмного забезпечення бази даних (БД) та геоінформаційної системи розподіленого калібрувального полігону і динамічних сервісів взаємодії користувача з БД із середовища геоінформаційної системи.

6. Дослідження та удосконалення методики визначення у польоті просторового розрізnenня на місцевості з використанням методів розв'язання обернених задач оптики.

7. Удосконалення методики післястартового перехресного радіометричного калібрування за умовами даними спектрального коефіцієнта відбиття тестових ділянок з архівів даних KC Landsat та Sentinel.

8. Удосконалення методики післястартового радіометричного калібрування диференціальним методом за даними синхронних із супутниковою зйомкою наземних спектрометричних вимірювань.

9. Створення програмного забезпечення реалізації зазначених методик та розроблення відповідних методик оброблення даних вимірювань, оцінювання характеристик та калібрування.

## **Астрономічний аспект дослідження геодинамічного стану сейсмонебезпечних регіонів**

*Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б.*

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

Комплексні геофізичні спостереження в Закарпатському внутрішньому прогині вказали, що час реєстрації місцевих землетрусів в Карпато-Балканському регіоні співпадає в часі із максимальними збуреннями поверхні Землі, викликаних дією Місяця та Сонця. Актуальність подібних спостережень очевидна, оскільки останній період характерний підвищеною сейсмічною активністю. В Закарпатті проводяться вимірювання сучасних горизонтальних рухів кори на ПДС “Королево” в смт. Королево Виноградівського району, де змонтовано деформограф. За останні роки спостережень (1999–2016) отримано характеристики сучасних горизонтальних рухів — розширення порід зі

змінною швидкістю вікових рухів. Сейсмічний стан регіону безпосередньо пов'язаний із сонячною активністю та геодинамічним станом регіону [2, 4, 5]. Попередні дослідження показали, що сейсмічні явища пов'язані із астрономічними факторами. Були проведені дослідження на виявлення впливу фаз Місяця на сейсмічність регіону. Такий зв'язок відмічено за 2013–2016 роки спостережень. Метою роботи є вивчення впливу астрофізичних та астрономічних факторів на геодинаміку та екологічний стан регіону. Згідно мети роботи, було поставлено та вирішено декілька задач:

1. Охарактеризувати сейсмічний стан регіону.
2. Представити геологічні особливості регіону.
3. Описати геофізичні дослідження в Закарпатському внутрішньому прогині.
4. Дати аналіз попередніх років геофізичних та астрофізичних досліджень в регіоні.
5. Виявити зв'язки геофізичних процесів із астрофізичними та астрономічними явищами за 2016 рік.

Об'єкт дослідження — сейсмотектонічні та геофізичні процеси в верхніх шарах земної кори. Предмет дослідження — це вплив астрофізичних факторів на розрядку напруженого-деформованого стану порід, астрономічний аспект сейсмотектонічних процесів в регіоні. Для вирішення поставлених задач використано методику кінематичних характеристик сучасних рухів земної кори. Для проведення дослідження було використано результати режимних геофізичних спостережень на Карпатському геодинамічному полігоні, які проводяться на РГС “Тросник” ім. Т.З.Вербицького відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, пункті деформографічних спостережень “Королево”. Використано дані з Інтернет-ресурсів [1, 3]. Проведено дослідження на предмет виявлення зв'язків між параметрами руху Місяця: часу сходу та заходу Місяця, часу реєстрації місцевих землетрусів, віддалі до Місяця, освітленості Місяця. Також проведено вивчення зв'язків сонячної активності із сучасними рухами в регіоні та сейсмічності регіону. Аналізуючи результати спостережень за 2016 рік, відмічено, що підтверджується зв'язок часу реєстрації місцевої сейсмічності та часу знаходження Місяця на небосхилі. Підтверджується вплив Місяця на деформації в корі, викликаючи швидкі рухи кори, виражені через підвищені величини прискорення сучасних рухів. Дослідження зв'язку параметрів сонячної активності із сейсмотектонічними процесами за останні роки, зокрема із рухами кори в листопаді грудні 2016 року, вказали на кореляцію цих параметрів, відмічено залежність параметрів рухів кори від сонячної активності, відповідно і сейсмічності. Аналіз параметрів геофізичних полів, зокрема вектора магнітної індукції та його динаміки зміни, відмітив його високу кореляцію. Зміни сонячної активності супроводжуються змінами вектора магнітної індукції.

1. [space.vn.ua](http://space.vn.ua)

2. Сытинский А.Д. О связи землетрясений с солнечной активностью // Физика Земли.

- 1989. — № 2. — С.13–30.
3. <http://www.sidc.be/silso/ssngraphics>
4. Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б. Астрофізичний аспект дослідження сейсмічно-активних регіонів // Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених Україна”, Київ, 26–27 травня 2016 р. Програма і тези доповідей. — С.53–54.
5. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Коваль Ю.П. Динаміка сучасних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. — 2014. — 2(65). — С.38–42.

## **Варіації параметрів магнітного поля Землі та сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину**

*Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В.(мол.)*  
Відділ сейсмічності карпатського регіону Інституту  
геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

Дослідження геодинамічного стану середовища та варіацій параметрів геофізичних полів в Закарпатському внутрішньому прогині вказало на існування зв’язку сучасних рухів, сейсмічної активності регіону зі змінами геофізичних полів [1–4]. В роботі проведено дослідження зв’язку варіацій вектора магнітної індукції магнітного поля Землі на режимній геофізичній станції “Тросник” ім. Т.З.Вербицького Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України із сейсмотектонічними процесами та їх вплив на екологічний стан. Описано сейсмічність в регіоні та вказано на актуальність проведення сейсмологічних спостережень. Дано характеристику геологічних структур на території Закарпаття, де проводяться вивчення геодинамічних процесів. Вказано на пріоритетність досліджень сучасних рухів в регіоні, які безпосередньо впливають на геодинамічний та екологічний стан. Охарактеризовано динаміку сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому. Відмічено особливості варіацій параметрів геофізичних полів в період накопичення та розрядки напруженого-деформованого стану порід. Вказано на актуальність геофізичних спостережень в краї та необхідність проведення комплексу режимних геофізичних спостережень на Закарпатті. Представлено методику магнітометричних спостережень в Закарпатті, зокрема на РГС “Тросник” ім. Т.З. Вербицького (с. Тросник, Виноградівського району, Закарпатської області). Досліджено варіації вектора магнітної індукції на РГС “Тросник” в період підвищення сейсмічної активності регіону. Проведено вивчення зв’язку середньодобових значень вектора магнітної індукції, часового розподілу місцевої сейсмічності та деформацій земної кори на основі результатів спостережень на Пункті деформометричних спостережень “Королево” та РГС “Тросник” ім. Т.З. Вербицького за 2008–2016 роки. Виявлено зв’язок варіацій величини вектора магнітної індукції із кінематичними характеристиками сучасних горизонтальних рухів, сейсмічним станом Закарпаття в 2011–2016 рр. Використано методику оцінки геодинамічного стану на основі геофізичного моделювання зв’язків динамічних параметрів геофізичних

полів та сучасних рухів земної кори. Підтверджено зміну характеру коливання вектора магнітної індукції в періоди зміни характеру сучасних горизонтальних рухів та в період сейсмічної активізації в Карпатському геодинамічному полігоні. Запропоновано провести дослідження варіації геомагнітного поля на інших геологічних структурах досліджуваного регіону для виявлення особливостей будови земної кори та процесів сейсмічної активізації регіону. Отримані результати доводять доцільність та необхідність досліджень параметрів магнітного поля при вивчені механізму протікання сейсмонебезпечних тектонічних процесів.

1. Латынина Л.А., Гусева Т.В., Игнатишин В.В. Высокоточные измерения деформации земной коры на Карпатском прогностическом полигоне // XIV Міжнародний ювілейний науково-технічний моніторинг навколошнього середовища: GPS I GIS-технології, 13–18 вересня 2010 р., Алушта (Крим).
2. Игнатишин В.В., Малицький Д.В. Геофізичні спостереження в Закарпattі та їх результати // Геодинаміка. — 2013. — № 2 (15). — С.154–156.
3. Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат і суміжних територій: монографія / за заг. редакцією К.Р.Третяка, В.Ю.Максимчука, Р.І.Кутаса. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. — 420 с.
4. Игнатишин В.В., Игнатишин А.В. Моніторинг магнітного поля Землі та екологічно небезпечні процеси земної кори // Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених”, Україна, Київ, 26–27 травня 2016 р. Програма і тези доповідей. — С.52–53.

## **Вплив факторів-зavad на геомеханічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині**

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

Відділ сейсмічності карпатського регіону Інституту

геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

Для вирішення проблем екологічного стану середовища досліджуються сейсмотектонічні процеси в Закарпattі, але на самі процеси та на їх результати великий вплив мають різного роду фактори-зavadи, зокрема метерологічного та гідродинамічного характеру [1–3]. Метеорологічні спостереження та обробка їх результатів — це необхідний крок для вивчення геодинамічних процесів в сейсмонебезпечних регіонах України. Метеорологічні параметри є важливим фактором впливу на геотектонічні процеси в регіоні, можуть бути прискорюючим фактором до протікання катастрофічних геологічних процесів – зсувів та місцевих землетрусів. Актуально, знаючи динаміку зміни основних метеорологічних параметрів, дослідити звязок кліматичних умов Закарпattя з геодинамікою регіону, визначити характер майбутніх геофізичних та метеорологічних процесів. Для вивчення кліматичного стану використано результати, отримані на метеорологічних станціях Інституту геофізики ім. Субботіна НАН України. Проведено метеорологічні спостереження на режимних геофізичних станціях (Режимна геофізична станція “Тросник” ім. Т.З. Вербицького) та

пункті деформографічних спостережень “Королево”. На цих Режимних геофізичних станціях проводиться комплекс режимних геофізичних спостережень варіацій екогеофізичних полів. Дано характеристику динаміці метеопроцесів, порівняно зміну фізичних величин на різних пунктах спостережень, оцінено вплив гідрологічних ефектів в низовинних районах Закарпаття на метеорологічні параметри. Охарактеризовано параметри метеорологічного стану регіону під час активізації сучасних рухів земної кори та підвищення сейсмотектонічної активності геологічних структур Закарпатського внутрішнього прогину. Проведено якісний аналіз метеофакторів на предмет впливу на геодинамічні процеси в зоні Оашського розлому. Результати аналізу можна використати для оцінки та порівняння з даними інших пунктів спостережень, з метою формування картини залежності метеорологічних параметрів від часу та їх безпосереднього впливу на підвищення сейсмічної активності регіону, через зміни в геомеханічній системі поверхневих шарів земної кори. Середньорічна температура повітря становить  $+10,385^{\circ}\text{C}$ , середньорічна кількість землетрусів становить 12 подій. Середньорічне зміщення верхніх шарів земної кори становить:  $+0,829$  мкм. Максимуми графіків температури повітря, рухів кори та сейсмічності об'єднані в одні часові інтервали тривалістю в 2 місяці. В цей період динамічні характеристики суттєво змінюються як за модулем, так і за знаком. Відмічено: існує зв'язок між варіаціями температури повітря та сейсмічністю в регіоні, землетруси відбуваються при збільшенні температури повітря; прискорення рухів зв'язані із температурою повітря — збільшення температури припадає в часі із стисненням земної кори; динаміка варіації температури повітря та динаміка сучасних рухів корелують між собою; сейсмічність проявляється при збурі одинакових знаків динамічних характеристик спостережуваних геофізичних параметрів. Дослідження варіацій метеорологічних параметрів в 2016 році підтвердили особливості зв'язку метеорологічного та геодинамічного стану регіону.

1. Игнатишин В., Казанцева О., Латынина Л. Деформации земной коры в районе Восточных Карпат по данным станции “Королево” // XIV Міжнародний науково-технічний симпозіум “Геоінформаційний моніторинг навколошнього середовища: GPS I GIS-технології”, 8–13 вересня 2009 р., Алушта (Крим).
2. Игнатишин В. Деформації земної кори, отримані на пункті деформографічних спостережень “Королево” за 2007–2008 роки та їх зв’язок з іншими геофізичними параметрами // Матеріали наукової конференції “Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища”, м. Львів, 6–10 жовтня 2008 р. — Львів: “СПОЛОМ”, 2008. — С.68–69.
3. Игнатишин В., Малицький Д.В. Геофізичні спостереження в Закарпатті та їх результати // Геодинаміка. — 2013. — № 2 (15). — С.154–156.

## **Гідрогеологічний аспект геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину**

*Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин В.В.(мол.)*

Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту

геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

Для вивчення сейсмотектонічних процесів на Закарпатті проводяться безперервні комплексні дослідження параметрів метеорологічного, гідрогеологічного стану, сейсмічності регіону на режимних геофізичних станціях та пункті деформометричних спостережень Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України [2–5].

Оскільки сейсмічність регіону за останні роки різко збільшилася, то актуальним є моніторинг геофізичних полів та геодинамічного стану. Зміна кліматичних умов приводить до змін в гідрогеологічному стані регіону. окремі періоди спостережень характерні високою водністю, що завершувалися катастрофічними повенями, та зсувиами [1]. Сейсмотектонічні процеси в регіоні викликають занепокоєння: геодинамічні процеси, які безпосередньо пов’язані із гідрологічними аномаліями, періодично про себе нагадують через серію відчутних місцевих землетрусів. Проведено дослідження гідрогеологічного стану регіону на предмет виявлення зв’язку варіацій параметрів метеорологічного та гідрогеологічного стану довкілля із сейсмотектонічними процесами в регіоні за 2014–2016 роки. Проводилися порівняння результатів вимірювань рівня води в річці Тисі за період 2014–2016 роки. Досліджено зв’язок зміни величин зміщення, прискорення сучасних рухів та рівнів води в свердловинах: підвищенні величини прискорення сучасних рухів передують часу реєстрації землетрусу. Інтенсивні атмосферні опади викликають підняття рівня води в річці Тисі та в свердловинах на РГС “Тросник” глибиною 530 м та 8 м. Після інтенсивних атмосферних опадів величиною 40 мм за добу в регіоні відбувається підвищення рівня води в річках Закарпаття, створюється додаткова дія на поверхневі шари земної кори. При цьому реєструються швидкі рухи кори, характерні аномальним розширенням порід, що поступово на протязі 2–3 днів змінюються на стиснення порід, зареєстроване деформометричною станцією “Королево”. Швидкі рухи кори через деякий період супроводжуються місцевою сейсмічністю. Сейсмічна активність Закарпатського внутрішнього прогину за 2016 рік виражається через півтори сотні місцевих землетрусів та відсутністю відчутних землетрусів. Розширення порід характерне величиною +4,2 мкм. Варіації рівня води в свердловинах можна використовувати як характеристики підготовки екологічно небезпечних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині.

1. Адаменко О.М. Про одну із причин широкомасштабного прояву і важких наслідків катастрофічного паводку в Закарпатській області // Вплив руйнівних повеней та зсуvinих процесів на функціонування інженерних мереж. Матеріали III наук.-практичної конф., Ужгород, 25–28 лютого 2002 р. — К.: Т-во “Знання”, 2002. —

С.3–4.

2. *Игнатишин В.В., Малицький Д.В.* Геофізичні та сейсмологічні дослідження в центральній частині Закарпаття. ( За результатами режимних спостережень на РГС “Тросник”, ПДС “Королеве”, РГС “Берегове” // Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах. Матеріали наукової конференції-семінару, присвячені 80-річчю з дня народження Тараса Зиновійовича Вербицького, 29–30 травня 2012 р. — С.58–64.
3. *Игнатишин В.В., Малицький Д.В.* Геофізичні спостереження в Закарпатті та їх результати // Геодинаміка. — 2013. — № 2 (15). — С.154–156.
4. *Игнатишин В.В., Малицький Д.В., Коваль Ю.П.* Геодинамічна модель та сейсмічний стан Закарпаття за результатами деформаційних спостережень. Геодинаміка. — 2013. — № 2. — С.157–159.
5. *Игнатишин В.В., Игнатишин А.В.* Регулюючі фактори геомеханічних процесів в Карпатському регіоні // Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених”, Житомир, 20–22 травня 2015 р. Програма і тези доповідей. — С.32–33.

## **Особливості жорсткісного спектру ефектів Форбуша**

*Клюєва А.І.<sup>1</sup>, Белов А.В.<sup>2</sup>, Єрошенко Є.О.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Головна астрономічна обсерваторія НАН України

<sup>2</sup>Федеральний бюджетний заклад науки Інститут земного магнетизму, іоносфери і поширення радіохвиль ім. М.В.Пушкова РАН, м. Троїцьк

Досліджено особливості енергетичного спектру варіацій космічних променів (КП) під час Форбуш-ефектів (ФЕ), зареєстрованих світовою мережею станцій нейтронних моніторів впродовж 1957–2016 рр. Показник степеневого спектру  $\gamma$  та інші параметри варіацій первинних КП для кожної години спостережень отримані із застосуванням методу глобальної зйомки (Global Survey Method — GSM), модифікованого в ІЗМІРАН.

В даній роботі на великому статистичному матеріалі проаналізовано динаміку показника жорсткісного спектра варіацій КП в різних фазах 11-річного циклу сонячної активності (в мінімумі, максимумі, на фазі росту і на фазі спаду); при від'ємній і додатній полярності глобального магнітного поля Сонця; на різних фазах розвитку Форбуш-ефекту. Проведено кореляційний аналіз параметра  $\gamma$  з параметрами міжпланетного середовища під час рекурентних і спорадичних збурень. Вперше виявлено ефект сильного пом'якшення жорсткісного спектра КП перед Форбуш-зниженням і/або під час його головної фази. Також показано, що жорсткісний спектр варіацій КП є більш чутливим до змін електромагнітних умов міжпланетного середовища у порівнянні з будь-яким іншим параметром варіацій КП.

Отримані залежності жорсткісного спектру варіацій КП сприяють більш глибокому розумінню процесів модуляції галактичних космічних променів і можуть бути використанні при класифікації міжпланетних транзієнтів за типом та будовою; для виявлення і дослідження електромагнітних збурень на орбіті Землі; для побудови моделей модуляції КП в геліосфері.

## **Каталог Форбуш-ефектів**

*Клюєва А.І.<sup>1</sup>, Белов А.В.<sup>2</sup>, Єрошенко Є.О.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Головна астрономічна обсерваторія НАН України

<sup>2</sup>Федеральний бюджетний заклад науки Інститут земного магнетизму, іоносфери і поширення радіохвиль ім. М.В.Пушкова РАН, м. Троїцьк

Робота присвячена створенню каталогу Форбуш-ефектів (ФЕ) із зазначенням типу джерела модуляції потоку галактичних космічних променів (ГКП) на основі встановлення структури великомасштабного збурення, яким обумовлене виникнення Форбуш-ефекту в певній точці міжпланетного простору.

Великомасштабні збурення спорадичного і рекурентного типу розділено на 8 підтипов відповідно до їх структурних особливостей. Класифікація міжпланетних збурень базувалась на аналізі поведінки таких фізичних параметрів, як: температура  $T$ ; концентрація  $n$ ; швидкість  $V$ ; величина магнітного поля  $B$ ;  $\beta$ -параметр тощо. Правильність визначення типу збурення перевірялась за 20 різними каталогами геоекспективних високошвидкісних потоків сонячного вітру та ударних хвиль.

Проаналізовано близько 7000 Форбуш-ефектів, з яких 975 подій вдалось ототожнити з певним типом міжпланетного збурення на орбіті Землі.

Створений каталог Форбуш-ефектів дає можливість проводити широкий аналіз залежності параметрів Форбуш-ефектів від характеристик сонячних, міжпланетних і геомагнітних збурень.

## **Розробка просторової бази даних ГІС для геоекологічної оцінки урбанізованих територій**

*Козаченко Є.В., Зацерковний В.І.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

На сьогодні геологічна проблема міст — одна з найбільш важливих та широко обговорюваних тем. У центрі уваги зараз знаходиться проблема урбанізації і роль геології у вирішенні питань міської забудови, планування розвитку міст, сталого розвитку урбанізованого суспільства. Відмічається швидкий приріст міст.

У зв'язку з глобальною урбанізацією важливе значення набуває ряд проблем, до яких відносяться:

- картування території і складання тривимірних моделей геологічного середовища для території міст в цілому та окремих її ділянок;
- вивчення підземного простору міст з метою його раціонального використання;
- вивчення мінеральних ресурсів міської та прилеглої до неї території, перш за все, ресурсів підземних вод і будівельних матеріалів;
- геохімічне вивчення території міст та оцінки її забруднення;
- оцінка природних небезпек та розробка методів захисту людей і міської інфраструктури від небезпечних процесів.

Картування території міст здійснюється, як правило, із застосуванням гео-

інформаційних технологій (ГІТ) і широким використанням наявних фондовых матеріалів, в залежності від змісту яких визначається структура і утримання ГІС. Поряд з побудовою двомірних розрізів картування супроводжується три-вимірною моделлю геологічного середовища території міста в цілому або його окремих ділянок.

Незважаючи на те, що існують державні нормативні документи, які регламентують склад і технологію робіт з проведення геоекологічної оцінки урбанізованих територій, залишається ряд невирішених практичних проблем. До них можна віднести недостатню розробленість списку і змісту великомасштабних карт, актуальних для геоекологічної оцінки. Існує необхідність розробки структури бази просторових даних ГІС урбанізованих територій. Тому основною метою дослідження є створення фотографічної бази просторових даних для геоекологічної оцінки територій.

Методика заснована на застосуванні геоінформаційних систем і технологій, матеріалів аерокосмічного зондування Землі, наземних інструментальних методів фізичних вимірювань і великомасштабного картографування.

Створення географічної основи карт досліджуваної території включає в себе аналіз і оцінку апіріорної інформації, цифрову обробку космічних знімків, їх дешифрування, створення і формування єдиної бази просторових і атрибутивних даних ГІС урбанізованої території.

## **Метеорна віртуальна обсерваторія: стан в Україні та світі**

*Коломієць С.В.*

Харківський національний університет радіоелектроніки

Розвиток сучасних інформаційних технологій вимагає узагальнення інформації для її обробки на новому рівні. Міжнародної віртуальної обсерваторії альянс (The International Virtual Observatory Alliance, IVOA) [1] було утворено з метою сприяння міжнародної координації та співпраці для розробки та впровадження інструментів, систем і організаційних структур, необхідних для того, щоб було можливе міжнародне використання астрономічних архівів як цілісно взаємодіючих віртуальних обсерваторій. Створення цієї структури в 2002 р. на хвилі науково-технічного прогресу надало суспільству поштовх для розвитку у цьому напрямку. В Україні існують дві головні структури, пов'язані зі зберіганням астрономічних даних та які безпосередньо підключенні до міжнародної мережі наукової спільноти щодо віртуального обміну. Це Українська віртуальна обсерваторія (скорочено the UKR-VO [2]) з розвинутим сегментом космології та астрофізики — VO VIRGO.UA, та Міжнародний центр геоінформатики та сталого розвитку World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development (скорочено the WDC-Ukraine) [3]. Наповнення вказаних структур (UKR-VO, WDC-Ukraine) астрономічною метеорною інформацією та створення Української метеорної віртуальної обсерваторії на часі.

Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ) має архіви з метеорних досліджень (зокрема, див. [4, 5]), ресурси та проводить

роботу у напрямку приєднання метеорних баз даних ХНУРЕ до структур з міжнародного обміну даними. В доповіді висвітлено стан в Україні та світі щодо кроків по створенню метеорної віртуальної обсерваторії, а також здобутки, розробки та можливості ХНУРЕ.

1. <http://www.ivoa.net/>
  2. <http://ukr-vo.org/>
  3. <http://wdc.org.ua/>
  4. <http://openarchive.nure.ua/>
5. Kolomyiets S.V. Meteor Databases in Astronomy // Astroinformatics. Proceedings IAU Symposium. — 2016. — № 325. — Cambridge University, 2016. — Р.1–4.

## **Оцінка динаміки ерозійних процесів ґрутового покриву на основі супутниковых знімків**

*Комар М.В., Беленок В.Ю.*

Національний авіаційний університет, Київ

Сьогодні Україна займає стійкі позиції аграрної держави, в якій велика увага приділяється розвитку сільського господарства. Завдяки цьому частка національного ВВП зросла до 20%. Однак є досить негативні сторони цього економічно вигідного явища. Недостатнє заличення іноземного капіталу, повільна модернізація виробництва та застаріла аграрна політика держави є рушійним фактором у виснаженні родючих земель України.

Головною небезпекою для ґрутового покриву є ерозія. Ерозія — це процес руйнування верхнього родючого шару ґрунту, внаслідок різноманітних природних або антропогенних чинників. Тому завчасне виявлення та застереження цього явища є необхідним у наш час.

На сьогодні виконання геодезичної зйомки, проведення складних розрахунків, здійснення візуального та фізико-хімічного обстеження ґрунтів є дуже трудомістким, коштовним і не завжди дозволяє отримувати всю інформацію, необхідну для прийняття управлінських рішень. Тому за останні десятиріччя набуло активного поширення заличення методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що базуються на використанні даних аерокосмічного знімання та цифрових технологій їх обробки.

Вагомими перевагами використання даних ДЗЗ в оцінці динаміки еrozійних процесів ґрутового покриву є: надання точної оперативної інформації про стан сільськогосподарських угідь, скорочена тривалість проведення моніторингу та оцінювання земель, велика оглядовість знімків та відносно невелика вартість проведення досліджень.

Завдяки матеріалам ДЗЗ, космічним знімкам наочно прослідковується, як змінюється тип землекористування земель в межах одного чи декількох регіонів, його особливості в залежності від природних умов, також стають помітними міжзональні відмінності в сільськогосподарському освоєнні. Це є запорукою правильного розрахунку інтенсивності еродованості ґрунту відповідно до отриманих значень певної території.

Проте, слід звернути увагу, що ефективність використання методів ДЗЗ суттєво залежить від просторової однорідності ділянок земної поверхні до-сліджуваної території. Крім того, для успішної оцінки динаміки ерозійних процесів на аерокосмічних зображеннях і перевірки ефективності методу або технології необхідні контрольні дані, які отримані методом польових вимірювань і спостережень. Це, у свою чергу, показує взаємопроникність і необхідність взаємодії інноваційних технологій з людським фактором у сучасному технологічному світі.

## **Джерела сонячної енергії і космічна погода**

*Криводубський В.Н.*

Астрономічна обсерваторія Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка

Основу діяльності зірок, в тому числі і Сонця, становлять два фізичні процеси — виділення енергії в центральній частині небесного тіла і перенесення цієї енергії від центру зовні. За рахунок двох основних механізмів — випромінювання і конвекції — енергія, що виділена при термоядерних реакціях в ядрі зірки у формі  $\gamma$ -квантів, передається назовні. В області, що оточує ядро, енергія передається вздовж радіусу до поверхні завдяки *променистому перенесенню*. Внаслідок поглинання квантів випромінювання і наступного послідовного перевипромінювання їх атомами густота потоку променистої енергії падає, а температура газу зменшується вздовж радіусу. При падінні температури зростає непрозорість речовини і поступово створюється такий різкий променистий радіальний градієнт температури, що на певній відстані від центру Сонця він перевищить його адіабатичне значення всередині якогось елементу газу, який повільно зміщується знизу догори. В результаті створюються умови для виникнення *конвективної нестійкості*. За рахунок додаткової теплової енергії, що виділяється при рекомбінації електронів з ядрами (в зонах часткової іонізації водню і гелію), температура в елементі газу, який піднімається і розширяється внаслідок випадкового зміщення догори, буде падати з висотою повільніше, ніж за відсутності рекомбінації. Тому газ в цьому елементі буде більш гарячим і легшим (внаслідок поперечного балансу тисків), ніж газ навколошнього середовища. Під дією архімедової сили гарячий конвективний елемент буде продовжувати підніматися, механічно переносячи певну порцію внутрішньої енергії ефективніше, ніж випромінювання. Шар, в якому відбувається перенесення значної частини сонячної енергії за рахунок механічних рухів, отримав назву *конвективна зона*. В кінцевому підсумку якось частка енергії конвективних рухів також буде випромінюватися біля поверхні зірки в оптичному діапазоні. (Конвективна нестійкість властива і для елементу газу, який випадково починає рухатися згори донизу). Час, необхідний для того, щоб  $\gamma$ -квант (які по дорозі догори вздовж радіусу Сонця в результаті процесів перевипромінювання поступово перетворюються на менш енергетичні джерела випромінювання: рентгенівські, ультрафіолетові і, нарешті, квантів видимого світла) добралися від ядра Сонця до поверхні, становить від сотен

тисяч до мільйона років.

Однак в сонячних надрах поряд з цими двома основними механізмами перенесення енергії існує ще один фактор, який бере активну участь в процесах перенесення енергії. Цим фактором служить магнітне поле. Частина потоку енергії, що йде із надр Сонця, накопичується (запасається) і переноситься зовні в «магнітній формі». Саме параметрами магнітного поля, величиною його індукції, просторовою структурою і часовою еволюцією зумовлюються як існування, так і основні властивості сонячних активних утворень. На Сонці змінне магнітне поле служить одним із специфічних високоефективних механізмів перенесення енергії, який виглядає своєрідним нелінійним відгуком Сонця на потік енергії, що проходить через його шари [1]. Специфічність цього перенесення енергії проявляється в нагріванні до високих температур верхніх шарів сонячної атмосфери (за рахунок електричних струмів і магніто-гідродинамічних хвиль), а також в нестационарній спалаховій конверсії магнітної енергії в тепло, а також в енергію прискорених часток і макроскопічних викидів плазми. В сильно розріджених верхніх шарах сонячної атмосфери магнітна енергія вивільнюється, зумовлюючи тим самим спостережену інверсію температури в хромосфері і короні. Другою специфічною властивістю магнітного перенесення енергії служать його суттєві варіації в часі, які виявляються в циклічних змінах більшості явищ, породжуваних магнітними полями. На Сонці весь комплекс магнітних явищ, що містить в собі плямоутворюючу, спалахову, хвильову та інші форми (факели, протуберанці, корональні викиди маси) проявів нестационарних процесів, прийнято називати *сонячною активністю* (СА).

Нестационарні процеси на Сонці викликають варіації космічної погоди, яка характеризує фізичний стан верхньої атмосфери, іоносфери та магнітосфери Землі, міжпланетного середовища і геліосфери. Основоположник геліобіології Чижевський О.Л. вперше науково обґрунтував гіпотезу про зв'язок багатьох сонячних і земних процесів, зумовлений зовнішніми джерелами енергії, випромінювання та потоків речовини. Зміни космічної погоди істотно впливають на поведінку біосфери, клімат, самопочуття і стан здоров'я людей і, мабуть, на соціальні процеси. Тому дослідження фізичної природи СА, вияснення механізмів її циклічності, встановлення взаємозв'язків процесів глобальної організації діяльності Сонця і їх впливу на космічну погоду становлять фундаментальну проблему сонячної фізики.

Сонячні нестационарні процеси в основному пов'язані з локальними тонко-структурними магнітними полями активних областей. Однак при усередненні за масштабами, що перевищують розміри активних областей, можна виділити гладке крупномасштабне (глобальне) магнітне поле, масштаб якого можна порівняти з радіусом Сонця. У зв'язку з цим, в основі практично всіх теорій збудження сонячного магнетизму лежить концепція глобального поля. Дослідження цього поля дозволяє, відволікаючись від складних локальних явищ, виявити властиві Сонцю як цілому основні процеси, що викликають магнітну активність. Згідно сучасних наукових переконань, які сформувалися на

основі спостережень і теоретичних уявлень, глобальне магнітне поле Сонця  $\vec{\mathbf{B}}$  складається з двох аксіально-симетричних компонент [2–5]. Перша компонента — приховане від спостерігачів в сонячних глибинах сильне тороїдальне (азимутальне) поле  $\vec{\mathbf{B}}_t$ . Воно спрямоване вздовж паралелей в основному на середніх та низьких широтах і має протилежну полярність (спрямованість) обабіч екватору. Тільки найбільш потужні глибинні поля ( $\geq 10^3$  Гс), прориваючись завдяки магнітній плавучості до сонячної поверхні, проявляються на фотосферному рівні у вигляді локальних опуклостей тороїдального поля, визначаючи тим самим інтенсивність плямоутворення. Друга компонента глобального магнітного поля Сонця — зосереджене в меридіональних площинах слабке полоїдальне поле  $\vec{\mathbf{B}}_p$  (з максимальною величиною 1–2 Гс). Силові лінії полоїdalного поля, виходячи на сонячну поверхню, формують фонові магнітні поля, зокрема, полярні магнітні поля. Спостереження свідчать, що, незважаючи на ясно виражені випадкові ефекти в еволюції сонячного магнетизму, обидві магнітні компоненти осцилюють в часі за величиною і знаком із середнім періодом близько 22 роки в протифазі: полоїдальне поле проходить через нульовий стан (змінює полярність) в епохи максимумів сонячних плям, коли тороїдальне поле найбільш потужне; і, навпаки, полоїдальне поле досягає максимуму амплітуди в епохи мінімумів активності плям (магнітний цикл Хейла, який складається з двох 11-річних циклів за числами Вольфа) [5, 6]. Тому очевидно, що глобальні магнітні компоненти пов'язані між собою і збуджуються, напевно, одним процесом, який носить коливальний циклічний характер.

Оскільки в умовах високої газокінетичної провідності сонячної плазми магнітні поля в більшій частині Сонця ефективно «заморожені» щодо омічної дисипації, то повинні існувати більш швидкі процеси, здатні знищувати і відновлювати крупномасштабне поле з періодом циклу. Такі швидкі процеси можуть протікати тільки в турбулізованій конвективній області Сонця, де турбулентна в'язкість плазми значно перевищує газокінетичну магнітну в'язкість [7]. Найбільшого поширення серед дослідників набули переконання, що регулюючим механізмом сонячного циклу служить процес турбулентного гідромагнітного динамо [3, 4, 8–11]. Роль турбулентної «динамо-машини» на Сонці відіграє його конвективна зона, де поле гідродинамічних швидкостей речовини природно поділене на два істотно відмінних масштаби: крупномасштабну (глобальну) швидкість, що відповідає сонячному обертанню, і дрібномасштабну турбулентну конвекцію. Надзвичайно важливо, що рухи різних масштабів не є незалежними. Глобальне обертання взаємодіє з турбулентною конвекцією, в результаті чого створюється специфічна комбінація диференційного обертання і усередненої спіральної (гіротропної) турбулізованої конвекції. В умовах вмороженості магнітних полів в плазму диференційне обертання в глибинних шарах сонячної конвективної зони витягує магнітні силові лінії полоїdalного (меридіонального) поля  $\vec{\mathbf{B}}_p$ , орієнтуючи їх в азимутальній площині, що призводить до збудження магнітної тороїдальної компоненти  $\vec{\mathbf{B}}_t$ , яка має протилежні напрямки в північній і південній півкулях

(т.зв. ефект «накручування» магнітних силових ліній або  $\Omega$ -ефект). Водночас спіральні (дзеркально-несиметричні) пульсації перетворюють тороїдальне поле  $\vec{B}_T$  в нове полоїдальне поле  $\vec{B}_P$  протилежного спрямування по відношенню до його вихідної орієнтації ( $\alpha$ -ефект), замикаючи тим самим сонячний магнітний цикл. Механізм підтримки циклічних коливань глобального магнітного поля Сонця, заснований на зазначених двох ефектах, прийнято називати  $\alpha\Omega$ -динамо моделлю циклу [3, 4, 8–11]. Відповідно до цього механізму частина енергії обертання і енергії турбулізованих конвективних рухів в ході сонячного циклу переходить в енергію магнітного поля, яка за рахунок магнітної плавучості переноситься до поверхні Сонця і вивільнюється в атмосферних шарах внаслідок нестационарних процесів.

Загально прийнято, що СА впливає на рівень проникності радіації в навколоzemному просторі, умови поширення радіохвиль, погодні й кліматичні зміни, функціонування космічних апаратів, літаків, радіоелектронних систем, комп'ютерів, ліній зв'язку та електропередач тощо. Тому прогнозування магнітних циклів Сонця становить винятково важливе науково-практичне завдання. За оцінкою фахівців Національного Космічного Агентства США (NASA), вартість правильного прогнозу найближчого сонячного циклу становить кілька мільярдів доларів. В основному, це пов'язано з прогнозуванням стану земної атмосфери для запуску космічних апаратів. Такі прогнози також важливі для інших аспектів народного-господарської діяльності. Зокрема, прогнозування умов у навколоzemному космічному просторі попереджує вихід з ладу апаратури космічних апаратів, а в низці випадків — і їх втрату. Можливий економічний ефект рівний вартості космічного апарату. Правильний прогноз погодних умов, на які істотно впливає сонячна активність, дає можливість застосовувати агротехнічні заходи, що приводить до підвищення врожайності чи збереження врожаю сільськогосподарських культур. Коректний довгостроковий прогноз погоди і змін клімату дає можливість передбачити необхідні для держави стратегічні запаси продовольства, енергоресурсів, інших резервів. В умовах обмежених фінансових можливостей це може принести державі значний економічний ефект. Попередження надзвичайних ситуацій і своєчасні рекомендації по прийняттю необхідних профілактичних заходів мають велику соціальну і економічну значимість.

Впродовж останніх десятиліть дослідникам вдалося досягти значного прогресу в прогнозуванні сонячної активності в рамках моделі  $\alpha\Omega$ -динамо, хоча при цьому ще залишається низка труднощів [12, 13]. В доповіді висвітлено досягнення й труднощі моделей  $\alpha\Omega$ -динамо при поясненні й прогнозуванні магнітної активності Сонця.

- Соловьев А.А., Киричек Е.А. Диффузная теория солнечного магнитного цикла. — Элиста–Санкт-Петербург: Изд-во Калмыцкого ГУ, 2004. — 182 с.
- Babcock H.W. The topology of the Sun's magnetic field and the 22 year cycle // Astrophys. J. — 1961. — **133**. — P.572–1033.
- Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А. Турбулентное динамо в астрофизике. — М.: Наука, 1980. — 352 с.

4. Zeldovich Ya.B., Ruzmaikin A.A., Sokoloff D.D. Magnetic Fields in Astrophysics. — New York: Gordon and Breach, 1983.
5. Hathaway D.H. The solar cycle// Living Rev. Solar Phys. — 2015. — **12**, №4. — P.1–87.
6. Витинский Ю.И., Копецкий М., Кукин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. — М.: Наука, 1986. — 296 с.
7. Криводубский В.Н. О турбулентной проводимости и магнитной проницаемости солнечной плазмы // Солн. данные. — 1982. — №7. — С.99–109.
8. Krause F., Radler K.-H. Mean Field Magnetohydrodynamics and Dynamo Theory. — Oxford: Pergamon Press, Ltd., 1980. — 271 p.
9. Krivodubskij V.N. Turbulent dynamo near tachocline and reconstruction of azimuthal magnetic field in the solar convection zone // Astron. Nachrichten. — 2005. — **326**, №1. — P.61–74.
10. Charbonneau P. Dynamo models of the solar cycle // Living Rev. Solar Phys. — 2010. — **7**, №3. — P.1–91.
11. Kitchatinov L.L. The solar dynamo: Inferences from observations and modeling // Geomagnetism. Aeronomy. — 2014. — **54**. — P.867–876.
12. Schwenn R. Space weather: The solar perspective // Living Rev. Solar Phys. — 2006. — **3**, №2. — P.1–72.
13. Petrovay K. Solar cycle prediction // Living Rev. Solar Phys. — 2010. — **7**, №6. — P.1–59.

## **Прогнозування полярних магнітних полів Сонця в мінімумі циклів на основі поверхневого альфа-ефекту**

*Криводубський В.Н.*

Астрономічна обсерваторія Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка

В доповіді проаналізовано проблему прогнозування параметрів магнітних циклів Сонця в рамках моделі  $\alpha\Omega$ -динамо на підставі функціональної залежності між спостереженими магнітними індексами. Згідно моделі  $\alpha\Omega$ -динамо магнітного циклу Сонця, радіальний градієнт кутової швидкості  $\partial\Omega/\partial r$  в умовах вмороженості магнітних силових ліній в плазму діє на слабке полоїdalне магнітне поле  $\vec{B}_r$ , в результаті чого біля дна конвективної зони генерується сильне тороїdalне магнітне поле  $\vec{B}_t$  ( $\Omega$ -ефект). Потужне глибинне поле  $\vec{B}_t$ , прориваючись завдяки магнітній плавучості до сонячної поверхні, проявляється на фотосферному рівні у вигляді біполлярних магнітних областей, визначаючи тим самим інтенсивність плямоутворення. Водночас усереднені спіральні (англ. *helical*) турбулентні пульсації, діючи на тороїdalне поле  $\vec{B}_t$ , регенерують нову полоїdalну магнітну компоненту протилежної орієнтації ( $-\vec{B}_r$ ) по відношенню до її спрямування в попередньому циклі ( $\alpha$ -ефект), замикаючи тим самим сонячний магнітний цикл. Силові лінії полоїdalного поля  $\vec{B}_r$ , виходячи на сонячну поверхню, формують фонові магнітні поля, зокрема, полярні магнітні поля.

В роботі [1] на підставі даних спостережень вперше в рамках моделі  $\alpha\Omega$ -динамо було теоретично обґрунтовано функціональний зв'язок між амплітудою полоїдального поля  $\vec{B}_P$ , що спостерігається в полярних областях в мінімумі циклу, і інтенсивністю плямоутворення (числами Вольфа  $W$ ) наступаючого циклу, яка визначається величиною спливаючого тороїdalного поля  $\vec{B}_T$ . На підставі встановленої функціональної залежності зазначених магнітних індексів був зроблений вдалий прогноз максимального річного числа Вольфа 21-го циклу. Виявена кореляція зумовлена досить стабільною регулярністю диференціального обертання  $\partial\Omega/\partial r$ , якому властиві лише незначні зміни в часі [2]. Проведені в наступні роки дослідження підтвердили, що  $\Omega$ -ефект служить на дійно складовою механізму сонячного  $\alpha\Omega$ -динамо, а вимірювання полярного поля в мінімумі циклів можна залучати для прогнозів амплітуди (максимальних річних чисел Вольфа) і потужності (загальної площині всіх плям) наступних циклів.

Оскільки  $\alpha$ -ефект перетворює тороїdalне поле  $\vec{B}_T$  в полоїdalне  $\vec{B}_P$ , то у дослідників були найвні сподівання досить швидко виявити функціональну залежність між спостереженою амплітудою поточного циклу (числом Вольфа  $W$ ) і полярним магнітним потоком в кінці поточного циклу (мінімумі нового циклу), коли полоїdalне магнітне поле досягає свого максимального значення. Однак виявилося, що амплітуда циклів не корелює з індексами полоїdalного поля в кінці тих же самих циклів [3, 4]. В термінах динамо-теорії це нібіто свідчило про відсутність функціональної залежності полоїdalного поля  $\vec{B}_P$  в мінімумі нових циклів від тороїdalного поля  $\vec{B}_T$  в максимумі попередніх циклів. Як згодом виявилося, це було зумовлено тим, що, на противагу майже стабільному в часі глибинному  $\Omega$ -ефекту, поверхневому  $\alpha$ -ефекту Бебкока–Лейтона (який визначається кутами нахилу (англ. *tilt angle*) магнітних осей біполлярних груп плям до широтного напряму, турбулентною дифузією і меридіональною циркуляцією) властива значна хаотичність в часі і просторі [2, 4–6]. Альфа-ефект пов'язаний з відносно маломасштабними рухами, які не є регулярними, на відміну від глобального диференційного обертання. Тому випадкові флуктуації порушують функціональний зв'язок між тороїdalною і полоїdalною компонентами магнітного поля.

Ситуація, однак, кардинально змінилася після того, як було запроваджено параметр магнітної потужності сонячних плям циклу, який представляє собою сумарний добуток трьох величин — площи найбільшої плями у кожній групі, спостережений впродовж циклу, геометричної протяжності біполлярних магнітних груп і кутів нахилу осей біполлярних груп до екватору [2, 4, 5]. Зазначені параметри бралися для фази максимального розвитку кожної групи плям. При спільному засвоенні (асиміляції) площи плям, відстаней між зваженими централами протилежних магнітних полярностей у групах плям і кутів нахилу відновлюється функціональна залежність полярних магнітних потоків (які служать індикатором полоїdalного поля  $B_P$ ) в мінімумі нового циклу від асимільованого параметру магнітної потужності сонячних плям (який характеризує відносну інтенсивність тороїdalного поля  $\vec{B}_T$ ) попереднього ци-

клу. В рамках моделі турбулентного динамо це свідчить про те, що поверхневий  $\alpha$ -ефект Бебкока–Лейтона зумовлює регенерацію нового полоїdalного магнітного поля  $\vec{B}_p$ . Проаналізовані в роботі [7] кореляції спостережених сонячних даних, отриманих за століття, підсилюють переконання, що процеси виникнення і розпаду біполярних магнітних областей служать основним механізмом регенерації полоїdalного поля (тобто свідчать на користь механізму Бебкока–Лейтона). Тому асимільовані спостережені дані сонячних плям поточного циклу можна використати для прогнозування полярних магнітних полів наступного циклу. Таким чином, асимільований параметр магнітної потужності плям слугує невід'ємним фактором майбутніх прогнозів магнітних циклів Сонця на основі моделей  $\alpha\Omega$ -динамо.

1. Schatten K.H., Scherrer P.H., Svalgaard L., Wilcox J.M. Using dynamo theory to predict the sunspot number during cycle 21 // Geophys. Res. Lett. — 1978. — 5. — P.411–414.
2. Kitchatinov L.L. The solar dynamo: Inferences from observations and modelling // Geomagnetism. Aeronomy. — 2014. — 54. — P.867–876.
3. Jiang J., Chatterjee P., Choudhuri A.R. Solar activity forecast with a dynamo model // MNRAS. — 2007. — 381, № 4. — P.1527–1542.
4. Kitchatinov L.L., Olemskoy S.V. Does the Babcock–Leighton mechanism operate on the Sun? // Astron. Lett. — 2011. — 37. — P.656–658.
5. Olemskoy S.V., Choudhuri A.R., Kitchatinov L.L. Fluctuations in the alpha-effect and grand solar minima // Astron. Reports. — 2013. — 57, № 6. — P.458–468.
6. Moss D., Sokoloff D., Usoskin I., Tutubalin V. Solar grand minima and random fluctuations in dynamo parameters // Solar Phys. — 2008. — 250, № 2. — P.221–234.
7. Muñoz-Jaramillo A., Dasi-Espuig M., Balmaceda L.A., DeLuca E.E. Solar cycle propagation, memory, and prediction: insights from a century of magnetic proxies // Astrophys. J. Lett. — 2013. — 767. — L25.

## **Прогнозування магнітної активності Сонця на основі моделей динамо та інтервали пам'яті сонячних циклів**

*Криводубський В.Н.*

Астрономічна обсерваторія Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка

В доповіді проаналізовано проблему інтервалу пам'яті (англ. *memory span*) магнітних циклів Сонця при прогнозуванні сонячної активності в рамках теорії динамо із залученням спостережених даних. Для пояснення циклічної регенерації глобальних магнітних компонент Сонця дослідники в останні роки опираються на подібні за природою моделі турбулентного  $\alpha\Omega$ -динамо сонячного циклу з перенесенням магнітного потоку (англ. *flux-transport dynamo*), але з різним акцентом на природу ефектів перенесення магнітного потоку [1, 2]. Суть відмінностей полягає в оцінці відносного внеску в моделі дифузійного і меридіонального перенесень магнітного потоку. Частина дослідників (див., напр., [2–4]) розробляє числові моделі  $\alpha\Omega$ -динамо з низькою турбулентною

дифузією магнітного поля ( $\sim 10^8 \text{ см}^2/\text{с}$ ), в яких основним механізмом перенесення магнітного потоку служить меридіональна циркуляція (т.зв. адвекція). В цьому режимі згенероване в результаті  $\alpha$ -ефекту поверхневе меридіональне (полоїdalne) магнітне поле поточного циклу переноситься спочатку від середніх геліоширот до полюсів, потім вниз до тахокліну, далі в екваторіальному напрямі до низьких геліоширот. Тут внаслідок  $\Omega$ -ефекту воно трансформується в азимутальне (тороїdalne) магнітне поле наступного циклу. Завдяки магнітної плавучості тороїdalne поле виносиється на сонячну поверхню, визначаючи тим самим інтенсивність плямоутворення (яка описується числами Вольфа і площею плям) на фотосферному рівні в «королівській зоні». Цей режим прийнято називати «моделлю динамо з домінуючим переносом магнітного потоку внаслідок адвекції» (динамо-режим АД) [5]. Разом з тим, в роботах [2, 5] запропоновано режим з високою турбулентною дифузією магнітного поля ( $\sim 10^{13} \text{ см}^2/\text{с}$ ), в якому поверхневе меридіональне поле переноситься одночасно на всіх геліоширотах в радіальному напрямі вниз до тахокліну в основному за рахунок турбулентної дифузії — «модель динамо з домінуючим переносом магнітного потоку внаслідок турбулентної дифузії» (динамо-режим, ДД).

В результаті теоретичного дослідження в роботі [6] установлено, що головна відмінність між прогнозами магнітної активності Сонця на основі моделей в режимах АД і ДД полягає в різному інтервалі пам'яті сонячного циклу. На основі моделювань, в яких джерело полоїdalного поля варіювалося стохастично в часі, було проведено вивчення кореляції між полярним магнітним потоком в мінімумі циклу  $n$  і амплітудою (загальною площею плям) циклів  $n$ ,  $n+1$ ,  $n+2$  і  $n+3$ . Було знайдено, що в режимі ДД полярний магнітний потік в мінімумі сонячного циклу корелює тільки з амплітудою наступного циклу ( $n+1$ ), тоді як в режимі АД полярний магнітний потік в мінімумі циклу  $n$  корелює з амплітудами циклів  $n$ ,  $n+1$  і  $n+2$ . В недавній роботі [7] установлено, що залучення до моделювання турбулентного накачування (перенесення магнітного потоку, пов'язаного з морфологічною асиметрією між спрямованими дугами і донизу конвективними течіями [8]) ліквідує будь-яку довготермінову пам'ять сонячного циклу, залишаючи тільки короткострокову пам'ять на один цикл наперед. В результаті при врахуванні магнітного накачування прогнози активності в АД і ДД режимах стають нерозрізненими.

Недавно в роботі [1] було досліджено проблему пам'яті сонячного циклу зі спостереженої точки зору. На підставі опрацювання даних вимірювань площин плям і полярного магнітного потоку, що охоплюють проміжок часу більше століття, було виявлено тільки одну істотну кореляцію між полярним магнітним потоком в мінімумі циклу  $n$  і амплітудою наступного циклу  $n+1$ . Отриманий результат свідчить, що інтервал пам'яті сонячного циклу обмежений тільки одним циклом. Подібний висновок раніше був зроблений також в роботі [9] на підставі знайденої кореляції між довжиною поточного циклу і амплітудою наступного циклу. В світлі теоретичних досліджень [6, 7] це дозволяє припустити, що зі спостереженнями сумісні моделі ДД і/або моделі

АД динамо з перенесенням магнітного потоку внаслідок магнітного накачування (див., напр., [10]), тоді як моделі в чистому режимі АД не сумісні зі спостереженнями. В зв'язку з цим важливо прояснити, а які ж моделі краще узгоджуються з фізичними умовами в глибинах Сонця.

Розрахунки доповідача, проведені в наближенні теорії змішування з використанням фізичних параметрів із моделі конвективної зони Сонця [11], за свідчили, що коефіцієнт турбулентної дифузії магнітного поля сонячної плазми досягає досить високих значень ( $\sim 3 \cdot 10^{12} - 10^{13}$  см $^2$ /с) [12–14]. Тому очевидно, що на Сонці домінує flux-transport dynamo з високою турбулентною магнітною дифузією (режим ДД). Виходячи з цього, можна припустити, що з врахуванням фізичних умов в сонячних шарах саме моделі ДД здатні пояснити властиву сонячним циклам короткострокову пам'ять на один цикл вперед.

1. Muñoz-Jaramillo A., Dasi-Espuig M., Balmaceda L.A., DeLuca E.E. Solar cycle propagation, memory, and prediction: insights from a century of magnetic proxies // *Astrophys. J. Lett.* — 2013. — **767**. — L25.
2. Choudhuri A.R., Chatterjee P., Jiang J. Predicting solar cycle 24 with a solar dynamo model // *Phys. Rev. Lett.* — 2007. — **98**, № 13. — id. 131103.
3. Dikpati M., Gilman P.A., MacGregor K.B. Penetration of dynamo-generated magnetic fields into the Sun's radiative interior // *Astrophys. J.* — 2006. — **638**, № 1. — P.564–575.
4. Dikpati M., De Toma G., Gilman P.A. Predicting the strength of solar cycle 24 using a flux-transport dynamo-based tool // *Geophys. Res. Lett.* — 2006. — **33**, № 5. — P.5110.
5. Hotta H., Yokoyama T. Importance of surface turbulent diffusivity in the solar flux-transport dynamo // *Astrophys. J.* — 2010. — **709**, № 2. — P.1009–1017.
6. Yeates A.R., Nandy D., Mackay D.H. Exploring the physical basis of solar cycle predictions: flux transport dynamics and persistence of memory in advection- versus diffusion-dominated solar convection zones // *Astrophys. J.* — 2008. — **673**, № 1. — P.544–556.
7. Karak B.B., Nandy D. Turbulent pumping of magnetic flux reduces solar cycle memory and thus impacts predictability of the Sun's activity // *Astrophys. J. Lett.* — 2012. — **761**, № 1. — L13–L17.
8. Tobias S.M., Brummell N.H., Clune T.L., Toomre J. Transport and storage of magnetic field by overshooting turbulent compressible // *Astrophys. J.* — 2001. — **549**, № 2. — P.1183–1203.
9. Solanki S.K., Krivova N.A., Schussler M., Fligge M. Search for a relationship between solar cycle amplitude and length // *Astron. Astrophys.* — 2002. — **396**. — P.1029–1035.
10. Guerrero G., De Gouveia Dal Pino E. M. Turbulent magnetic pumping in a Babcock-Leighton solar dynamo model // *Astron. Astrophys.* — 2008. — **485**, № 1. — P.267–273.
11. Stix M. *The Sun: an introduction*, second edition. — Berlin: Springer-Verlag, 2002. — 490 p.
12. Криводубський В.Н. О турбулентній проводимості і магнітній проницаемості сонечної плазми // Солн. данные. — 1982. — № 7. — С.99–109.

13. Krivodubskij V.N. Turbulent dynamo near tachocline and reconstruction of azimuthal magnetic field in the solar convection zone// Astron. Nachrichten. — 2005. — **326**, № 1. — P.61–74.
14. Krivodubskij V.N. Turbulent effects of sunspot magnetic field reconstruction // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — 2012. — **28**, № 5. — P.232–238.

## **Дневные наблюдения Лирид в 2017 году**

*Кручиненко В.Г.<sup>1</sup>, Стеклов А.Ф.<sup>2,3</sup>, Видъмаченко А.П.<sup>2,4</sup>,  
Дашкиев Г.Н.<sup>3</sup>, Стеклов Е.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Астрономическая обсерватория Киевского национального  
университета имени Тараса Шевченко

<sup>2</sup>Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

<sup>3</sup>Межрегиональная академия управления персоналом

<sup>4</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

В 2016 г. только 22 и 23 апреля в моменты времени с 9 до 12 часов в небе над Киевом удалось зарегистрировать менее полутора десятков дневных вторжений метеороидов из метеорного потока Лирид. А в 2017 г. группа наблюдателей «Единой сети Чурюмова» при наблюдениях с 15 по 26 апреля смогла зарегистрировать уже до сотни следов дневных вторжений. То есть в 2017 г. вторжения носили статистически более сложный характер, как по времени, так и по свойствам и динамике следов. Наблюдения следов сумеречных и дневных метеоров и болидов привлекают всё большее внимание у научной общественности. Это вызвано массовым осознанием реальной астероидно-кометной опасности [5–7]. Впервые два-три следа дневных вторжений в небо над Киевом и областью были зарегистрированы 16.04.2017 около 9 часов утра. До 11 часов удалось зарегистрировать еще четыре следа. Все они были видны на протяжении от 10 до 20 минут сквозь дымку, и фотографировать их было крайне сложно. 17 апреля от 10 до 12 часов на северо-западе на высотах 20–40° было зарегистрировано 7 следов; они были длиной до 30°. 18.04.2017 с 9 до 10 часов утра было замечено более 10 коротких тонких быстро исчезающих (меньше минуты) следов с утолщением внизу в конце следа, а еще 4 с длиной до 15° существовали более 20 минут. Около 11 часов на северо-западе зарегистрировано ещё пять коротких следов с толщиной до 1°; они были видны сквозь «молочную» дымку и сфотографировать их не было практической возможности. В этот день следы быстро растягивались ветром, исчезая за несколько минут.

Максимальное количество вторжений дневных Лирид мы наблюдали 19.04.2017: с 10:30 до 11:45 в северо-западной части неба было зарегистрировано 12 следов. Съёмки одновременно вели Стеклов А.Ф. (левый берег Днепра, база «Волна»), и Дашкиев Г.Н. (Святошино). Вычисления с такой базой позволили определить среднюю высоту начала видимых следов вторжений > 34 км. Самый крупный след существовал около 1 часа, растягиваясь и постепенно исчезая. А меньшие следы были видны на протяжении от 5 до 20 минут. 20, 22 и 23 апреля наблюдениям помешала сплошная облачность, а

21 апреля — при ясном безоблачном небе трое наблюдателей в разных точках вокруг Киева следов вторжений не обнаружили вообще.

24.04.2017 с 10 до 11 из района киевского озера Алмазное на Троещине, в западной части неба снова было зафиксировано около десятка коротких и средних (до  $7^\circ$ ) следов вторжений; следы возникали через каждые 5–7 минут и распадались за 15–25 минут. Ещё один след длиной более  $10^\circ$  был зарегистрирован почти строго на севере. 25 апреля с 10:20 до 11:30 на высотах  $15\text{--}25^\circ$  в западной части неба сразу три наблюдателя (Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П. и Дацкиев Г.Н.) одновременно из трёх разных точек около Киева и в Киеве зарегистрировали четыре следа Лиридных вторжений длиной  $10\text{--}15^\circ$ ; следы были видны 30–50 минут. Всего за последние несколько лет авторы сумели зарегистрировать в небе над Киевом и областью несколько сотен мелких и десятки более крупных следов вторжений [1–4]. Именно поэтому мы считаем, что создание особых автоматизированных унифицированных регистраторов стало настоятельной необходимостью для всех астрономических обсерваторий.

1. Churyumov K.I., et al. 2015. AstSR. 11(2), 99–102.
2. Churyumov K.I., et al. 2016. Intern. Conf. Meteoroids-2016. ESTEC, Noordwijk, Netherlands. 63.
3. Churyumov K.I., et al. 2014. AstSR. 10(1), 37–42.
4. Churyumov K.I., et al. 2013. 8Conf. Meteoroids-2013. Poznań, Poland. 77.
5. Kruchynenko V.G., et al. 2011. KPCB. 27(3), 109–116.
6. Vid'machenko A.P. 1995. KPCB. 11(4), 14–16.
7. Vid'machenko A.P., Steklov A.F. 2013. AstSR. 9(2), 146–148.

## **Возможные наблюдения Земли с украинских Лунных миссий**

Мороженко А.В.<sup>1</sup>, Видьмаченко А.П.<sup>1,2</sup>, Неводовский П.В.<sup>1</sup>, Чолий В.Я.<sup>1,3</sup>

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

<sup>3</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Сейчас для Украины важным является отработка методики запуска космического аппарата (КА) к Луне [1, 3]. Так, многие народно-хозяйственных задачи требуют надежные данные о состоянии озонового слоя, об изменении климатических условий в глобальных масштабах, следовых составляющих атмосферы, стратосферного аэрозоля и т.п. [2]. Для выяснения причин таких вариаций необходимо выполнять исследования Земли со значительного расстояния. Как нельзя лучше для такой цели подходит лунная база, ведь из-за синхронного вращения Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной, а ее поверхность представляет собой стабильную платформу, обеспечивающую высокую точность измерений. Угловой размер Земли из-за эксцентриситета орбиты варьируется в пределах  $1,8\text{--}2,0^\circ$ . Из-за большого размера и высокого альбедо Земли, она почти в 50 раз сильнее светит, чем Луна

в полнолуние на Земле. Благодаря либрации Земля с Луной совершает медленное сложное колебательное движение. Исходя из актуальности и важного народнохозяйственного значения проблем глобальных изменений климата и мощности озоносферы, первоочередными задачами лунных миссий считаем необходимость проведения дистанционного мониторинга для получения таких наблюдательных данных [2]: 1) спектральной отражательной способности интегрального диска Земли в интервале длин волн 200–1500 нм; 2) количества излучаемой земной поверхностью тепловой энергии в спектральном диапазоне не 3–40 мкм; 3) поляризационных свойств земного шара в УФ диапазоне с  $\lambda < 300$  нм. Анализ этих данных позволит прояснить вопрос о механизмах наблюдавшихся эффектов, вызванных глобальным потеплением и уменьшением концентрации стратосферного озона. Такие данные можно получать с поверхности Луны, с орбитального лунного аппарата или аппарата, выведенного в одну из лунных точек Лагранжа. Например, украинский полярный спутник Луны минимально может быть оснащен такими тремя приборами: 1) камерой с выбранными фильтрами для получения снимков с необходимой разрешающей способностью, 2) спектрополяриметром и/или фотополяриметром для проведения детального минералогического картирования поверхности Луны и для определения ряда физических и оптических параметров грунта [4–6], 3) спектрометром на диапазон, охватывающий полосы пироксена. Опыт разработки и изготовления таких приборов имеют украинские учёные.

1. Burlak O., et al. // 38th COSPAR Scientific Assembly. Held 18–25 July 2010. Bremen, Germany, p. 11.
2. Morozhenko A.V., Vid'machenko A.P. // Kosmichna Nauka i Tekhnologiya. — 2003. — **9**, № 2. — P.28–29.
3. Shkuratov Yu.G., et al. // Advances in Space Research. — 2003. — **31**, № 11. — P.2341–2345.
4. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. // 36th Lunar and Planetary Science Conference, March 14–18, 2005, League City, Texas, abstract #1015.
5. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. // Kosmichna Nauka i Tekhnologiya. — 2004. — **10**, № 5/6. — P.21–27.
6. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. // Solar System Research. — 2006. — **40**, Is. 6. — P.462–467.

## **Оптимізація розрахунку концентрації елементів Rb та Sr**

*Лісова О.А., Зацерковний В.І.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

На прикладі біотиту розрахованій спосіб визначення вмісту мікроелементів в окремих мікрокристалах мінералів слюд, заснований на вимірюванні відносних потоків флуоресценції двох головних мінералоутворюючий елементів з відомим вмістом і визначаються мікроелементів. Запропонований спосіб є варіантом методу спектральних відношення із застосуванням внутрішнього стандарту і розрахований на використання монохроматичного збудливого ви-

промінювання. Спосіб зручний в застосуванні, оскільки не вимагає врахування геометричних параметрів кристала і не потребує використання стандартних зразків.

Розрахунки виконуються для монохроматично збуджуючого випромінювання в двох можливих геометріях вимірювань. Спосіб не потребує використання стандартних зразків, контролю режимів вимірювань, площини товщини кристалу. Для розрахунків використовується спеціально створена автоматизована программа, що допомагає істотно зменшити витрачену кількість часу при розрахунках.

За допомогою класичних методів радіоізотопного визначення абсолютноного віку ( $Rb-Sr$  метод) зроблений розрахунок новоствореного методу не ізотопного датування віку калієвих мінералів (в конкретному випадку — біотитових слюд). На основі даних аналізу проб окремих кристалів мінералів калієвих слюд для пошуку концентрацій  $Rb$  та  $Sr$ . Метою даної роботи є оптимізація розрахунку концентрації елементів  $Rb$  та  $Sr$  для зменшення витрати часу при проведенні даного типу робіт.

Програма розроблена таким чином, що для обробки одночасно можна використовувати до 50 зразків, які можна зберегти в файл csv-формату та використовувати згодом. В разі необхідності (для визначення можливих помилок) можна переглянути розрахункові калібрувальні графіки для кожного зразку окремо.

Програма забезпечує розрахунок з трьома вихідними таблицями, а саме:

- 1) SampleZond.csv — дані по зразках, отримані методом електронно-зондового мікроаналізу за вмістом породоутворюючих елементів ( $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  тощо);
- 2) Calc.csv — розрахункова таблиця з теоретично розрахованими константами  $K/K$ ,  $Fe/K$ ,  $Rb/K$ ,  $Sr/K$  та товщинами зразків;
- 3) Mji.csv — таблиця з теоретичними та емпіричними коефіцієнтами ослаблення.

З проведених розрахунків по кожному зразку отримується велика кількість проміжних результатів, наприклад, коефіцієнти інтенсивностей для елементів кожного зразку, суму оксидів відношення інтенсивностей в залежності від товщини кристалу.

Метою роботи було визначення концентрацій елементів  $Rb$  та  $Sr$  для кожного зразку.

Дані концентрації можуть в майбутньому використовуватися для різних цілей. Для визначення віку гірських порід та материнських відкладів, а також тискових чи температурних умов та визначення інших петрологічних та геохімічних параметрів.

З практичної точки зору, аналітичний розрахунок даного методу простіше розрахувати автоматично створеною програмою, аніж вручну, оскільки в процесі не потрібно буде витрачати час на монотонні великомасштабні, необхідні, але довготривалі дії. Матеріали, отримані з проведених програмою розрахун-

ків, можна застосовувати для подальших досліджень (наприклад, визначення РТ-умов утворення чи петрологічних параметрів гірських утворень).

## Проблеми фізики Сонця

Лозицький В.Г.

Астрономічна обсерваторія Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка

Земля і Сонце — два космічні тіла, які мають критичне значення для нашого існування. Без Землі з її унікальними природними умовами, а також без Сонця з його надзвичайно потужним і стабільним енергетичним потоком наше життя на планеті було б неможливим. Саме стабільність енергетично-го потоку Сонця є однією з проблем сучасної науки. Згідно зі стандартною моделлю Сонця, за останні 4 млрд. років його світність мала б зрости на  $\approx 30\%$ . Однак це не узгоджується з даними моделювання клімату і палеон-тологічними даними: з них випливає, що світність Сонця змінювалась за цей час максимум на 5%. Можливими причинами тут можуть бути: а) наявність у Сонця ядра, аномально збагаченого важкими хімічними елементами, або ж б) повільне перемішування речовини в зонах променевого переносу енергії і ядра, яке поступово збагачує сонячне ядро воднем і завдяки цьому підтримує термоядерну реакцію перетворення водню у гелій на практично однаковому рівні. Однак обидві ці можливості розглядаються нині як чисто гіпотетичні.

Зміни кліматичних умов на Землі залежать не тільки від Сонця, але і від стабільності елементів орбіти Землі. Є вказівки на те, що ці елементи мають квазіперіодичні зміни з періодом 100–120 тисяч років. Як показують дані радіоізотопного аналізу кернів льоду з Гренландії, саме з таким періодом змінюються за останні  $\approx 400$  тисяч років так звані кліматичні оптимуми — відносно короткі періоди приблизно такої ж температури на Землі, як і сьогодні (<http://climate4you.com/greenhousegases.htm>). Основний же час між кліматичними оптимумами ( $\approx 90\%$  усього часу) — льдовикові періоди, коли температура на Землі знижена на  $6 - 8^{\circ}\text{C}$  у порівнянні з сучасними значеннями. Виходячи з цієї тенденції, можна очікувати, що попереду у Землі — черговий льдовиковий період, але він настане ще не скоро — через 500–5000 років.

На відміну від світності Сонця, зміни сонячної активності (кількість плям на Сонці, сонячних спалахів, корональних викидів маси і т.п.) бувають дуже значні — на рівні десятків і сотень %. Сонячна активність — це по суті магнітна активність нашого денного світила, причому ця активність спостерігається лише в атмосфері Сонця. На сьогодні невідомо, якою є верхня межа напруженостей магнітного поля в активних областях Сонця. У сонячних плямах існують магнітні поля у декілька кілогаусс (до 6 кГс), однак у сонячних спалахах, згідно з дослідженнями, виконаними в Астрономічній обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, можуть існувати і значно сильніші (на 1–2 порядки) магнітні поля. Теоретично такі «надсильні» поля можуть існувати у досить незвичайних субтелескопічних

структур, в яких висока концентрація магнітного поля на осі структури поєднується зі знакозмінною периферією. Ця знакозмінна периферія за певних умов може давати множинні магнітні пересполучення силових ліній, тобто вироджуватись у своєрідну магнітну «бомбу».

На сьогодні багато неясного і в проблемі сонячно-земних зв'язків. Враховуючи колосальний рівень енергетики спорадичних процесів на Сонці у порівнянні з процесами на планетах сонячної системи, нині вважається само собою зрозумілим, що саме Сонце визначає фізичні умови у міжпланетному просторі і на планетах Сонячної системи, тоді як планети практично ніяк не впливають на різноманітні прояви сонячної активності. Однак у Фур'є-спектрі коливань сонячної активності є періоди, дуже близькі до періодів обертань планет навколо Сонця. Ці та інші дані вказують на можливий зовнішній вплив на сонячну активність.

## **Застосування супутникового знімання у інфрачервоному діапазоні для картування теплових полів середньої просторової розрізненості**

*Лубський М.С.*

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Київ

Сенсорні системи, чутливі до випромінювання із довжиною хвилі 3–14 мкм знайшли широке застосування у сфері дистанційного зондування Землі і дозволяють створювати продукти, засновані на виявленні осередків інтенсивного теплового випромінювання (виявлення вогнищ лісових пожеж, дослідження вулканічної активності) або формування карт теплового поля низької просторової розрізненості для вирішення метеорологічних задач. Основним продуктом обробки даних теплового знімання є зображення розподілу температури поверхонь Землі, засноване на перерахунку спектральної щільності енергетичної яскравості теплового випромінювання у значення температури за допомогою оберненого рівняння Планка для теплового випромінювання [1]. При цьому попередньо необхідно визначити розподіл коефіцієнта теплового випромінювання різних типів покриттів і поверхонь, що дозволить перерахувати яскравісну температуру поверхонь у фізичну.

Для вирішення задач проблем клімату та постійного метеорологічного моніторингу застосовується 5-канальний радіометр Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), який встановлено на метеорологічних супутниках серії NOAA. Він має просторову розрізненість 1,1 км і виконує глобальне картування температур поверхонь Землі та океанічного простору. Дані сенсору MODIS, який встановлено на платформі EOS з просторовою розрізненістю 1 км набули дуже широкого застосування у сферах пожежної безпеки та температурного картування завдяки 16 каналам даних у діапазоні 3,7–14,4 мкм, які дозволили створювати різноманітні продукти, серед яких MOD11 (Land Surface Temperature and Emissivity) температура поверхні та коефіцієнт теплового випромінювання та MOD14 (Thermal Anomalies/Fire) — теплові аномалії та джерела пожеж.

Однак дані теплового знімання із середньою просторовою розрізненістю (100 м і краще), до яких є вільний доступ, наразі представлені лише даними знімання сенсором TIRS, встановленого на супутнику Landsat-8. Сенсор надає дані у двох каналах (10,3–11,3 мкм та 11,5–12,5 мкм), має просторову розрізненість 100 м, інтерпольовану до 30 м, яка відповідає просторовій розрізненості даних другого сенсора на супутнику OLI, який виконує знімання у видимому та близькому інфрачервоному діапазоні та радіометричну розрізненість 16 біт.

Landsat-8 продовжує серію супутників Landsat і його дані можливо суміщати із зображеннями Landsat-4, 5 та 7; таким чином, існує можливість створення часових рядів даних з 1982 року. Інша особливість даних, отриманих сенсорами супутників Landsat, — це можливість отримання зображень теплового поля шляхом паралельної обробки зображень видимого та близького інфрачервоного діапазону та даних теплового знімання. Ця можливість досягається шляхом визначення розподілу коефіцієнтів теплового випромінювання за допомогою даних дистанційного зондування у видимому та близькому інфрачервоному діапазонах. Зазвичай використовується його оцінювання за допомогою спектральних індексів RVI, NDVI та ін., засноване на можливості відділення рослинного покриву від відкритих ґрунтів і штучних поверхонь за пороговими значеннями цих індексів [2]. Для поверхонь, не вкритих рослинністю, визначення залежності коефіцієнта теплового випромінювання від спектральних індексів виконується за допомогою аналізу спектрів типових поверхонь у тепловому діапазоні, які можливо отримати із бази ASTER Spectral Library. Оскільки отримане зображення розподілу коефіцієнта теплового випромінювання отримане на основі даних більш високої просторової розрізненості, результатуюче зображення теплового поля матиме значно вищу деталізацію, ніж вхідні дані теплового знімання.

Таким чином, одночасне суміщення на одній платформі сенсорів, чутливих до випромінювання у діапазоні 0,4–2,2 мкм, та сенсорів довгохвильового інфрачервоного випромінювання (8–13 мкм) дозволяє не лише нівелювати невизначеність розподілу коефіцієнтів теплового випромінювання земних покривів досліджуваної території, а і значно підвищити просторову розрізненість результатуючого зображення теплового поля [3].

1. Tang H., Li Z.-L. Quantitative Remote Sensing in Thermal Infrared: Theory and Applications. — Berlin: Springer-Verlag, 2014. — 281 p.
2. Valor E., Caselles V. Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas // Remote Sensing of Environment. — 1996. — **57**, № 3. — P.167–184.
3. Станкевич С.А., Пилипчук В.В., Лубський М.С., Крилова Г.Б. Оцінка точності визначення температури штучних та природних земних поверхонь за результатами інфрачервоного космічного знімання // Космічна наука і технологія. — 2016. — **101**, № 4. — С.19–28.

## **Структура календарного солнечного цикла**

*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, 2]. В юлианском календаре существуют периоды полной повторяемости дней недели в году, меньшие, чем 28 лет. Данная работа посвящена нахождению закономерности чередования годов внутри солнечного цикла, в которых происходит полная повторяемость дней недели.

Совпадение дня недели 1 января (новолетие) в солнечном цикле происходит с периодами 5, 6 и 11 лет [3]. Однако наличие високосных годов вовсе не означает подобную периодичность полной повторяемости дней недели для всего года, а допускает лишь ее частичную повторяемость (для первых двух месяцев года). Анализ структуры солнечного цикла, проведенный в данной работе, показывает, что периода 5 лет полного повторения всех дней недели в году никогда не бывает. Установлено, что полное повторение всех дней недели в различных годах будет следующим:

- для 1 года после високосного  $6+11+11$  лет;
- для 2 года после високосного  $11+6+11$  лет;
- для 3 года после високосного  $11+11+6$  лет;
- для високосного года только 28 лет.

1. Климишин И.А. Календарь и хронология. — М.: Наука, 1990. — 480 с.
2. Селешников С.И. История календаря и хронология. — М.: Наука, 1977. — 224 с.
3. Черепнин Л.В. Русская хронология. — М., 1944. — 94 с.

## **Что и как влияет на освоение Марса**

*Мороженко А.В.<sup>1</sup>, Видъмаченко А.П.<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

О полетах на Марс регулярно говорят как государства, так и частные компании. И хотя компьютерная техника стала миниатюрной, улучшились возможности регенерации воздуха и воды, но все же марсианский корабль нужно будет собирать на орбите Земли или Луны в несколько этапов, и только затем он отправится к Марсу. Это усложняет и удороожает проект. Полет к Марсу может длиться 6–9 месяцев. Людей на Земле и на ее орбите защищает магнитное поле планеты. А отправившись к Марсу, астронавты лишаются этой защиты, и за 15 месяцев полета на Марс и обратно астронавт получит предельно допускаемую за всю его карьеру дозу радиации в 1 зиверт. Но за 15 месяцев на Солнце может произойти мощная вспышка и тогда принимаемая доза вырастет на порядок и легко может убить экипаж исследователей. Экспериментально показано, что доза 3–5 зивертов приводит к смерти от лучевой болезни в течение 30–60 суток с вероятностью 50%.

Серьезной проблемой для колонизации Марса также является его слабое магнитное поле [14, 20, 21] и разреженная атмосфера. Это существенно увеличивает количество достигающего его поверхности ионизирующего излучения. К тому же радиационный фон на орбите Марса более чем в 2,2 раза превышает радиационный фон, например, на орбитальной станции Земли. Обосновано предполагают, что и мельчайшая пыль может помешать колонизации Марса. При довольно частых глобальных пылевых бурях в атмосферу Марса поднимается свыше миллиарда тонн пыли [17], которая будет проникать в любые щели. Марсианский ветер, бомбардировка микрометеоритами и заряженными частицами разгоняют эту очень мелкую пыль по всей поверхности планеты [1–3, 13, 18]. В условиях низкого давления и жесткой солнечной радиации астронавты смогут жить только в специальных помещениях, расположенных, скорее всего, под поверхностью, а выходить на поверхность Марса они смогут только в специальных скафандрах. Потому астронавты не смогут напрямую вдыхать токсичную пыль. Кроме того, постоянно циркулируя в атмосфере, пылинки должны приобрести статический заряд. В связи с этим они будут прилипать к поверхности скафандра и проникать в помещения. И даже при тщательной обработке пыль будет попадать в жилище и далее в лёгкие поселенцев Марса. Пыль также будет закупоривать воздушные фильтры, водоочистители и другие жизненно необходимые приборы. Она всепроникающая, как и дым, и сможет проникать во все движущиеся части на скафандрах и механизмах. Исследования показали, что марсианская пыль содержит большое количество таких токсичных соединений, как перхлораты (соли хлорной кислоты [6]), похожие на гипс минералы и много соединений хрома. Все они при попадании в дыхательные пути вызовут опаснейшие лёгочные заболевания, раздражение глаз, кожи и т.д. Сравнение данных дистанционных наблюдений с лабораторными исследованиями показали, что пыль состоит еще и из мелкозернистой соли кремниевой кислоты. Все эти атмосферные аэрозоли играют важную роль в формировании климата Марса [7, 9, 11, 12, 15, 19].

Используя наши результаты фотометрических и поляриметрических [10] наблюдений Марса, мы определили некоторые оптические параметры аэрозольных частиц, таких как их размер  $r_0$ , действительную  $n_r$  и мнимую  $n_i$  части показателя преломления для различных условий развития глобальной пылевой бури [4, 5, 7, 8, 16]. Также было изучено влияние формы пылевых аэрозольных частиц в марсианской атмосфере на мнимую часть показателя преломления  $n_i$ , полученное из фотометрических наблюдений в период наибольшей активности пылевой бури. При расчетах использовались сферические частицы и сплюснутые сфериоиды разного размера при нормально-логарифмическом распределении частиц по размерам. Аналогичный анализ был проведен для средних значений радиусов частиц  $r_0$  и оптических толщин  $\tau_0$  слоя пыли, оцененных по поляризационным наблюдениям в периоды высокой прозрачности атмосферы. В результате анализа было показано, что полученные значения этих параметров зависят от принятой формы аэрозоля. Так, найденные для сфероидальных частиц значения  $n_i$ ,  $r_0$  и  $\tau_0$  оказались в два раза

большими, чем для сфер [5]. Для наибольшей активности пылевой бури в 1971 г. было найдено, что при оптической толщине пылевого облака  $\tau_0 \geq 15$  размер частиц был в пределах  $4,5 \leq r_0 \leq 7,5$  мкм. В случае полубесконечной модели марсианской атмосферы в предположении, что пылевой слой состоит из сферических частиц с  $n_r = 1,57$ , значение  $n_i = 0,0001 - 0,0025$ . Вычисленное значение  $r_0$  достаточно хорошо соответствует данным, полученным из поляриметрических наблюдений ( $r_0 > 5,7$  мкм). А значения  $n_i$  являются на порядок меньше данных, полученных для высоко прозрачной атмосферы Марса, и хорошо соответствуют полученным в лаборатории таким земным аналогам пыли, как базальт и базальтовое стекло.

Вышеперечисленные факты заставляют серьезно задуматься о самой возможности организации марсианской экспедиции даже в отдаленном будущем. Но особо отметим, что в настоящее время огромные усилия брошены на решение многих из отмеченных проблем. И вполне возможно, что, учитывая технические, физиологические и психологические аспекты, в недалеком будущем полет на Марс станет вполне осуществимым.

1. Churyumov K.I., et al. 2014. Bookrap. FOPKostiuk, Ukraine, 98–108.
2. Churyumov K.I., et al. 2014. AstSR. 10(1), 37–42.
3. Churyumov K.I., et al. 2013. 8Conf Met2013, IAU C22, Poland, 077.
4. Dlugach J.M., Morozhenko A.V. 2001. 32LPSC, Texas, 1269.
5. Dlugach Zh.M., et al. 2002. KFNT, 18(1), 33–42.
6. Hecht M. H., et al. 2009. Science, 325(5936), 64–67.
7. Morozhenko A.V. 1995. KPCB, 11(3), 1–14.
8. Morozhenko A.V., et al. 2015. HighAst, 16, 182–182.
9. Vid'machenko A.P. 1987. KFNT, 3(6), 10–12.
10. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. 2005. 36LPSC, Texas, 1015.
11. Vid'machenko A.P. 1985. KFNT, 1(5), 91.
12. Vid'machenko A.P. 1999. KPCB, 15(5), 320–331.
13. Vidmachenko A.P. 2009. AstSR, 6(1–2), 131–137.
14. Vidmachenko A.P. 2016. BiosignPresDetMarsAE conf, Hyatt, #2002.
15. Vidmachenko A.P. 2016. 18IntSc conf AstSYS, Ukraine, 16–17.
16. Vidmachenko A.P., et al. 1981 SSRes, 14(4), 157–159.
17. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2014. bookMAONAS NULES, PHPProfi, 388.
18. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. 2013. AstSR, 9(2), 146–148.
19. Vidmachenko A.P., et al. 1984. PAZh, 10, 691–695.
20. Vidmachenko A.P. 2016. 5IntScConf AstPres, FOPKostiuk, Ukraine, 43–48.
21. Vidmachenko A.P. 2016. 18IntScConf AstSYS, Ukraine, 14–16.

# **О проблеме распада кометных ядер**

*Поладова У.Д.*

Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана

Распад кометных ядер на несколько фрагментов является весьма интересным и распространенным явлением. Тем не менее, единого мнения среди специалистов о причинах таких явлений не существует.

Настоящая статья посвящается проверке одного из возможных механизмов распада кометных ядер, предложенного в работе [1]. Согласно этому механизму, распад происходит вследствие прохождения кометных ядер через метеороидные рои и получения ими разрушительных ударов. В настоящей работе рассмотрены статистические аспекты данной идеи для комет с перигелийными расстояниями больше 0,1 а.е. Для исследования этого явления мы составили собственный список 113 комет, используя разные источники [2–4].

Первичный анализ показывает, что значения орбитальных параметров исследуемых комет не обладают какими-то специфическими свойствами. Далее мы провели анализ распределения орбит распавшихся комет относительно плоскости орбит 58 наблюдаемых метеорных потоков, данные о которых содержатся в каталоге Кука [5].

Вычисления и анализ результатов показывают, что есть основания считать столкновение комет с метеороидными роями одной из причин распада кометных ядер и вспышек их блеска. Прохождение комет через плотные слои роев и, как следствие, получение разрушительных ударов от метеороидов роя, может привести к тому, что кометные ядра либо сразу могут распасться на несколько частей, либо на их поверхности могут образоваться трещины, которые впоследствии могут привести к делению ядер. Не исключено прохождение отдельных комет через нескольких потоков. В расчетах использованы данные наблюдаемых метеорных потоков, приведенные в каталоге Кука [5], считающиеся наиболее подтвержденными.

1. *Guliev A.S. Origin of short-perihelion comets.* — Baku: Publishing comp. “Elm”, 2010. — 151 p.
2. *Ибадинов Х.И. Дезинтеграция кометных ядер:* док. диссертация. — М.: ИКИРАН, 1998. — 296 с.
3. *Boehnhardt H. Comet splitting — observations and model scenarios // Earths, Moon, Planets.* — 2005. — **89**. — P.91–115.
4. *Marsden B.G., Williams G.V. Catalogue of Cometary Orbits, 17-th edition.* — SAO, Cambridge, 2008.
5. *Cook A.F., A working list of meteor streams // In: “Evolutionary and Physical Properties of Meteoroids” / eds. C.L. Hemenway, P.M. Millman, A.F. Cook.* — Washington, DC: NASA 319, 1973. 183–191.

## **Оцінка фізичних параметрів комети C/2015 V2 (Johnson) за спектральними спостереженнями**

*Пономаренко В.О., Сімон А.О., Чурюмов К.І., Клещонок В.В.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченко

Виконано спостереження і дослідження коми довгoperіодичної комети C/2015 V2 (Johnson) на основі оптичних спектрів з середньою роздільною здатністю ( $\lambda/\Delta\lambda \approx 1200$ ). Спектри були отримані у травні 2017 року за допомогою телескопа АЗТ-14 ( $D = 0,48$  м,  $F = 7,7$  м) і спектрографа АСП-9 на спостережній станції «Лісники» Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка. На момент спостережень, комета C/2015 V2 знаходилася на геліоцентричній відстані  $r = 1,7$  а.о., геоцентричній відстані  $\Delta = 0,9$  а.о., мала інтегральну зоряну величину  $T \approx 7,0$  м, кут елонгації складав  $S - O - T \approx 120^\circ$ , фазовий кут  $S - T - O \approx 30^\circ$ .

На основі отриманого спектрального матеріалу була проведена ідентифікація емісійних смуг. Знайдено деякі фізичні параметри нейтральної газової та пилової кометних атмосфер. Побудовано розподіл загального і відбитого потоку енергії вздовж щілини спектрографа. Обчислено потоки, кількість молекул та газопродуктивність для основних молекулярних емісій ( $\text{CN}$ ,  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_2$ ), відносну пилопродуктивність ( $A_f\rho$ ) та спектрофотометричний градієнт.

## **Цифрові камери скануючого типу «3-DAS-1»**

*Руль Н.В., Беленок В.Ю.*

Національний авіаційний університет, Київ

На сьогодні використання цифрових фотограмметричних камер скануючого типу сімейства DAS є невід'ємною частиною виконання аерофотознімання. Їх розробку у 2002 р. розпочало ДНВП «Геосистема» (Україна) спільно з фірмою «Wehrli and Associates» (США), а вже серійне виробництво підприємство розпочало в 2005 році (ціна камери складала \$ 250 000). Платформа з камерою була випробувана на літаках АН-2, АН-30, Cesna, Turbo Commander, Porter Pilatus. Дана цифрова камера використовується не тільки в Україні, а й в Сполучених Штатах Америки, Мексиці.

Однією з головних переваг цифрової камери типу «3-DAS-1» є ведення знімання цілими маршрутами з використанням трьох об'ективів, які знімають одночасно. Нахил об'ективів встановлюється таким чином, щоб проводити знімання під літальним апаратом, в напрямку за рухом носія і в зворотному напрямку. Саме це забезпечує повне перекриття між відзнятими зображеннями місцевості, а самі знімки охоплюють весь маршрут відразу.

Скануючі камери забезпечують повнокольорові (True RGB) знімки. В 3-DAS-1 це реалізується за допомогою лінійного датчика, що фізично складається з трьох рядів чутливих елементів з нанесеними світлофільтрами основних кольорів. Використання кольорових ПЗЗ-матриць спрощує систему і дозволяє отримати кольорове зображення для трьох каналів. Але саме це і забезпечує один з недоліків камери, тому що RGB-канали датчика фізично рознесені

на певну відстань, отже одна і та ж точка місцевості сканується не строго одночасно. І саме на зміщення кольорів впливає кінцева точність елементів орієнтування.

Основними перевагами використання 3-DAS-1 є неперервне безшовне зображення всього маршруту з потрійним перекриттям, можливість вибору стереопар із зображень з різними кутами конвергенції ( $16^\circ / 26^\circ / 42^\circ$ ). Три кольорових сенсора Kodak і високоякісна оптика забезпечують якісні 42-бітові кольорові зображення у всіх каналах.

Програмне забезпечення цифрової камери скануючого типу 3-DAS-1 забезпечує планування польотів, прокладання маршрутів, а також навігацію та контроль траєкторії при виконанні польоту. Також однією з переваг є те, що в польоті можна проглядати зняті зображення місцевості і налаштовувати параметри знімання. Програмне забезпечення цифрової камери автоматично і напівавтоматично створює цифрову модель місцевості для ортофотопланів.

Аерофотознімання цифровою камерою скануючого типу 3-DAS-1 дає значну розрізненність на місцевості і дозволяє виконувати вимірювання з більш високою точністю (до 10 см). Якщо порівнювати результати знімання 3-DAS-1 та космічної зйомки, то видно переваги першої.

Отже, використання цифрової камери скануючого типу «3-DAS-1» має низку переваг та незначні недоліки. Внаслідок її використання виготовлення ортофотопланів також значно спрощується, оскільки для формування мозаїки ортофотоплану досить провести ліній порізів лише для одного-двох десятків безперервних маршрутів, а не для сотень окремих знімків.

1. Олейник С.В., Гайдा В.Б. Цифровые камеры для аэрофотосъемки // Геопрофи. — 2006. — № 4. — С. 45–51.
2. Темеря А.М. Практичний досвід використання цифрової камери 3-DAS-1 // Вісник геодезії та картографії. — 2011. — № 6. — С.29–32.

## Исследование атмосферы $\nu$ Her(F2II)

Самедов З.А.<sup>1,2</sup>, Гадирова У.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Бакинский Государственный Университет

<sup>2</sup>Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана

Спектры зезды  $\nu$  Нег = HD164136(F2II) получены на 2-м телескопе ШАО НАНА с помощью Эшелле спектрографа с ПЗС матрицей, установленной в фокусе Кассегрена. Спектры обработаны программой DECH20. Были измерены эквивалентные ширины множества спектральных линий. Исследование атмосферы зезды HD164136(F2II) выполнено методом моделей.

Сравнивая фотометрических индексов  $[c_1]$ , Q и  $\beta$ , а также на основе применения параллакса определена эффективная температура и ускорение силы тяжести зезды HD164136(F2II). Теоретические значения индексов  $[c_1]$ , Q и  $\beta$  были вычислены с помощью моделей Куруча. Для зезды HD164136(F2II) определены эффективная температура  $T_{\text{eff}} = 6670 \pm 200$  К и ускорение силы тяжести  $\log g = 2,45 \pm 0,2$  (рис. 1).

Исследована микротурбулентность  $\xi_t$  атмосферы звезды и определено содержание железа (Fe). На основе линий FeII определена микротурбулентная скорость атмосферы звезды:  $\xi_t = 6,5$  км/с (рис. 2).

Содержание железа определяется на основе сравнения вычисленных и наблюдаемых эквивалентных ширин линий FeII. Вычисления эквивалентных ширин линий проводились с помощью программы DASA, разработанной в КрАО. Для содержания железа получено  $\log \varepsilon(\text{Fe}) = 7,1$ .

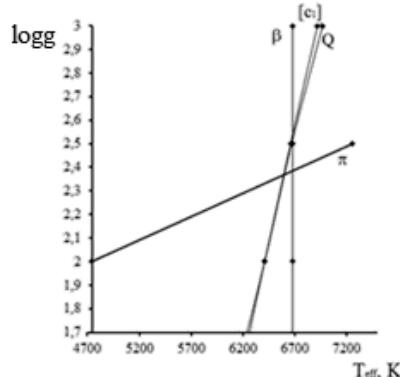


Рис. 1.  $\log g - T_{\text{eff}}$  диаграмма

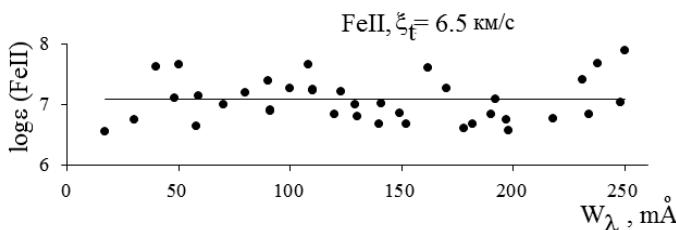


Рис. 2. Содержание железа, определенное по линиям FeII в зависимости от эквивалентной ширины при  $\xi_t = 6,5$  км/с

### **Возможные вирусы из космоса попадают в атмосферу Земли**

Стеклов А.Ф.<sup>1,2</sup>, Дашиев Г.Н.<sup>2</sup>, Видьмаченко А.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Межрегиональная академия управления персоналом

<sup>2</sup>Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

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

Многочисленные статистические данные показывают, что целый ряд эпидемий и пандемий имели место через некоторое время после прохождения Земли по орбите через хвост кометы [15, 18]. Это указывало на возможное вторжение вирусов, которые могли бы быть в кометной пыли. Также, согласно нашим наблюдательным данным, значительное большинство болидных и ярких метеорных явлений в атмосфере Земли связаны с фрагментами коме-

тных ядер [1–10, 17]. Соответствующий анализ таких данных показывает, что ежесуточно на поверхность Земли выпадает до 50 тонн твердого метеоритного вещества, а суммарная масса ежесуточно «приплыва» такого материала в атмосферу Земли составляет от 100 до 1000 тонн во время основных метеорных потоков. Из сравнения этих значений следует, что это вещество преимущественно распыляется в атмосфере и разносится ветрами над большими территориями, городами и даже странами. Количество фрагментов распавшихся кометных ядер очень велико. Поэтому можно предположить, что практически каждый день где-то на Земле «идёт кометный дождь» [8–16]. Вокруг Киева в 2013–2017 гг. была развернута и действует «Единая Сеть Чурюмова». Она использовалась для дневной и сумеречной регистрации следов разного рода вторжений в атмосферу Земли. Всего мы получили более 36 000 снимков, на которых зафиксировано более двух десятков вторжений довольно крупных фрагментов ядер комет и многие десятки малых фрагментов [11]. В дни традиционных метеорных потоков (Лириды, Персеиды, Леониды и т.п.) за несколько часов наблюдений днем и в сумерки удавалось зафиксировать по 10–20 вторжений малых фрагментов, создающих эти потоки [7–10].

Чурюмов К.И. предложил разработать комплект специальных ловушек. Их необходимо располагать, например, под крыльями высотных самолетов с целью отловить, накопить и исследовать в лабораторных условиях частицы, захваченные из следов вторжений. Их основной целью является выявление (или доказательство отсутствия) космических вирусов в следах от вторжений заметных фрагментов ядер комет. Такие активные эксперименты возможны двух видов. Во-первых, необходимо создать вмороженные в специальные цилиндры изо льда фрагменты метеоритной пыли и специально подобранные наборы неопасных вирусов, грибков, бактерий. Затем из одного из самолетов эту модельную смесь необходимо распылить на разных высотах, а другой, оснащенный ловушками самолет, должен собирать частицы из следов от первого самолета и доставлять их в спецлаборатории. Именно там предполагается выполнить изучение и анализ содержимого таких ловушек. На втором этапе такие «тренировки» в специально поставленных активных экспериментах, позволят успешно отлавливать и анализировать частицы из реальных следов, образованных после вторжения фрагментов ядер комет в небе над нами.

1. Churyumov K.I., et al. 2013. 8th Conf. Meteoroids-2013, IAU C22, Poland. No. 077.
2. Churyumov K.I., et al. 2014. AstSR. 10(1), 37–42.
3. Churyumov K.I., et al. 2014. MemIntern. Conf. “CAMMAC2014”, Ukraine, FOP Kostiyk. 98–108.
4. Churyumov K.I., et al. 2015. 17 Intern. ScConf. AstSYS., Ukraine. 84–85.
5. Churyumov K.I., et al. 2015. AstSR. 11(2), 99–102.
6. Churyumov K.I., et al. 2015. NEA-2015, proceedings. Terskol. Yanus-K. 153–155.
7. Churyumov K.I., et al. 2015. 9 Intern. Conf. NEA-2015, Terskol, Nalchik: KBSC RAS. 30–31.
8. Churyumov K.I., et al. 2016. 16 Gamow SumSch “Astron. and beyond”. Ukraine. 4.

9. Churyumov K.I., et al. 2016. AstSR. 12(1), 72–76.
10. Churyumov K.I., et al. 2016. Intern. Conf. 100th Anniv of I.S. Shklovskii. Ukraine, Eldorado, 108–110.
11. Toon O.B., et al. 1997. Reviews of Geophysics. 35(1), 41–78.
12. Vidmachenko A.P. 2005. AstAlm. 52, 201–212.
13. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2012. MAO NASU Press, Kyiv, Dia. 255 p.
14. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. 2014. MAO NASU, NULESU. Kyiv, Profi. 388 p.
15. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. 2013. AstSR. 9(2), 146–148.
16. Vidmachenko A.P., Vidmachenko H.A. 2007. AstAlm. 53, 195–207.
17. Steklov E.A., et al. 2017. 48LPSC, Texas. LPI Contr. No. 1964, id.1327.
18. Dashkiev G.N., et al. 2017. 48LPSC, Texas. LPI Contr. No. 1964, id.1135.

## **Успешные сумеречные наблюдения потока η-Акварид в «Единой сети Чурюмова»**

Стеклов Е.А<sup>3</sup>, Кручиненко В.Г.<sup>1</sup>, Стеклов А.Ф.<sup>2,3</sup>,

Видьмаченко А.П.<sup>2,4</sup>, Дашиев Г.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Астрономическая обсерватория Киевского национального  
университета имени Тараса Шевченко

<sup>2</sup> Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

<sup>3</sup> Межрегиональная академия управления персоналом

<sup>4</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

В утренние сумерки 15 февраля 2013 года произошло знаменитое Челябинское вторжение крупного метеороида в атмосферу нашей планеты. Взрыв и падение частей этого космического тела на поверхность Земли вызвали резкий рост интереса к проблемам регистрации следов космических и всех иных видов опасных вторжений в небо над нашими городами [5]. А так как окна в Челябинске от взрыва были выбиты у тысячи зданий и много сотен жителей города были травмированы и обращались к врачам за медицинской помощью, то проблема регистрации таких и подобных вторжений стала очень острой [6, 7]. Астрономы считали, что среднестатистически подобные вторжения повторятся только через 30–50 лет. Но уже через 45 дней 29 марта 2013 года под Киевом в районе базы «Волна» между Осокорками и Вишненками юные любители астрономии Егор Стеклов (Киевский лицей «Логос»), Владислав Бейкул (лицей № 296) и Егор Хоменко (гимназия «Диалог») в вечерние сумерки наблюдали почти одновременное вторжение из космоса сразу трёх крупных фрагментов метеороида. Тогда Е.Стеклов получил четыре изображения, причём на четвёртом удалось зарегистрировать сразу три следа в одном кадре. В результате анализа полученных изображений, по инициативе Клима Ивановича Чурюмова, было предложено создать в Киеве и области своеобразный клуб наблюдателей за такими болидными следами. В итоге уже через пару месяцев в киевском регионе была сформирована сеть фотоохотников на сумеречные и дневные следы космических и иных опасных вторжений в небо над нами. Эта «Единая сеть Чурюмова» действует уже четыре года.

В апреле 2017 года наблюдатели «Единой сети Чурюмова» зарегистрировали более двух десятков дневных и сумеречных следов вторжений метеорного потока Лирид, представляющего собой распавшиеся фрагменты ядра кометы Тэтчер. А начиная с 19 апреля и до 28 мая 2017 года, ведутся активные наблюдения метеорного потока  $\eta$ -Акварид, которые являются фрагментами ядра знаменитой кометы Галлея.  $\eta$ -Аквариды — это быстрые белые метеоры, которые проносятся по небу со скоростью 66 км/с. И иногда среди них появляются очень яркие болиды. Частицы этого потока иногда называют «грейзеры», т.е. «царапающие Землю». Ибо это утренний метеорный поток, и поэтому их следы очень часто по касательной к атмосфере, а иногда почти горизонтально пронизывают небо над нами. Авторы сообщают, что, например, 10 мая 2017 года сразу из четырёх точек Киева одновременно четыре наблюдателя сфотографировали один очень интересный след вторжения. Сами снимки мы представим в постерном варианте.

Всего за последние несколько лет авторы сумели зарегистрировать в небе над Киевом и областью несколько сотен мелких и десятки более крупных следов вторжений [1–4]. Мы считаем, что создание специализированных автоматизированных регистраторов стало настоятельной необходимостью для всех астрономических обсерваторий.

1. Churyumov K.I., et al. // Astronomical School's Report. — 2015. — **11**, № 2. — P.99–102.
2. Churyumov K.I., et al. // Intern. Conf. Meteoroids–2016. ESTEC. Noordwijk, Netherlands, 63.
3. Churyumov K.I., et al. // Astronomical School's Report. — 2014. — **10**, № 1. — P.37–42.
4. Churyumov K.I., et al. // 8 Conf. Meteoroids–2013. Poznan, Poland. 77.
5. Kruchynenko V.G., et al. // KPCB. — 2011. — **27**(3). — P.109–116.
6. Vid'machenko A.P. // KPCB. — 1995. — **11**(4). — P.14–16.
7. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. // Astronomical School's Report. — 2013. — **9**, № 2. — P.146–148.

## Резонанс Kozai в астероидных системах

Троянский В.В.<sup>1</sup>, Базей А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>НИИ «Астрономическая обсерватория» ОНУ имени И.И. Мечникова

<sup>2</sup>Кафедра теоретической физики и астрономии ОНУ имени И.И. Мечникова

Один из видов резонансов, встречающийся в Солнечной системе, — это эффект Kozai или резонанс Kozai. Резонанс Kozai [1, 2] — это процесс обмена углового момента импульса эксцентриситета и наклонения спутника, происходящий под влиянием внешнего массивного тела (в нашем случае — центрального астероида системы) при условии, что наклонение орбит спутника превышает предельное значение. Предельное значение или угол Kozai — это минимальный угол, при котором может наблюдаться данный эффект. Он равен  $39,2^\circ$  для прямого движения и  $140,8^\circ$  для ретроградного.

Если спутник находится в резонансе Kozai, то должно выполняться следующее равенство:

$$\sqrt{1-e^2} \cos i = \text{const}, \quad (1)$$

где  $e$  — эксцентриситет,  $i$  — наклонение.

Для всех спутников рассматриваемых систем малых тел Солнечной системы ((45) Eugenia, (87) Sylvia, (90) Antiope, (66391) 1999 KW4, (134340) Pluto, (136617) 1994 CC, (136108) Haumea, (153591) 2001 SN263, (385446) Manwe) была рассчитана величина (1) на промежутке времени 1000 лет и показано наличие эффекта Kozai.

Динамика рассматриваемых систем исследовалась путем численного интегрирования уравнений движения методом Эверхарта 15-го порядка [3]. Начальные векторы состояния планет заимствованы из численной теории DE431 (<http://ipnpr.jpl.nasa.gov>).

1. Kozai Y. Secular perturbations of asteroids with high inclination and eccentricity // Astron. J. — 1962. — **67**. — P.591.
2. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы. — М.: Физматлит, 2010. — 588 с.
3. Базей А.А., Кара И.В. Применение методов Эверхарта 15, 17, 19, 21 порядков для вычисления траектории движения небесных тел в околопланетном пространстве // Вісник Астрономічної школи. — 2009. — **6**, № 2. — Р.155.

## Дослідження структури коефіцієнтів подання потенціалу всюди збіжними рядами

Фис М.М., Бридун А.М., Согор А.Р.

Національний університет «Львівська політехніка»

Представлення потенціалу притягання планети неперервними функціями [1]

$$V(P) = \frac{fM}{\sqrt{1+R^2}} \left( 1 + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{(-1)^t}{2^t} \sum_{l=0}^{\infty} \frac{(-2)^l}{(t-l)!} \sum_{l_1+l_2+l_3=l} D_{l_1 l_2 l_3}^t W_{l_1 l_2 l_3}^t(x_1, x_2, x_3) \right) \quad (1)$$

дає можливість знаходити його значення у всьому просторі.

Таке зображення подає величину  $V$  рядом (1), елементами якого є функції

$$W_{l_1 l_2 l_3}^t = \frac{x_1^{l_1} x_2^{l_2} x_3^{l_3}}{(1+R^2)^t} = \frac{R^t}{(1+R^2)^t} \sin^{l_1+l_2} \theta \cos^{l_3} \theta \cos^{l_1} \lambda \sin^{l_2} \lambda, \quad (2)$$

не гармонічні поза тілом  $\tau$ , проте регулярні:  $\lim_{R \rightarrow \infty} W_{l_1 l_2 l_3}^t(x_1, x_2, x_3) = 0$ .

Члени розкладу  $D_{l_1 l_2 l_3}^t = \frac{1}{M} \int_{\tau} \delta(\rho^2 - 1) \xi^{l_1} \eta^{l_2} \zeta^{l_3} d\tau$  — це величини, що залежать від внутрішньої будови та фігури планети. Представлення (1) за степенями  $\frac{1}{(1+R^2)^l}$ ,  $\frac{R}{(1+R^2)^l}$  з коефіцієнтами  $X_l$ ,  $Y_l$  дає співвідношення

$$V(P) = \frac{fM}{\sqrt{1+R^2}} = \left( 1 + \sum_{l=1}^{\infty} \frac{1}{(1+R^2)^l} (X_l - 2RY_l) \right). \quad (3)$$

Розгляд виразів для перших двох доданків  $X_l$ :

$$X_0 = 1, \quad X_0 = (3 \sin^2 \theta \cos^2 \lambda - 1)I_{200} + (3 \sin^2 \theta \sin^2 \lambda - 1)I_{020} + (3 \cos^2 \lambda - 1)I_{002}$$

дозволяє переконатись, що  $\Delta(X_2) = 0$ , тобто величина  $X_2$  гармонічна за змінними  $\xi, \eta, \zeta$  (для  $X_0$  це очевидно) і допустити, що значення  $X_l, Y_l$  є лінійними комбінаціями стоксівих постійних. Це підтверджується виконаними числовими експериментами.

1. Фис М.М., Согор А.Р., Фоца Р.С. Про можливість визначення коефіцієнтів потенціалу всюди збіжними рядами та їх геофізичне тлумачення // Матеріали XVII міжнародного науково-технічного симпозіуму “Геоінформаційний Міжнародний ювілейний науково-технічний моніторинг навколошнього середовища GPS i GIS-технології”, 10–15 вересня 2012 р., Алушта (Крим). — С.115–119.

## **Исследование либрации Луны при наблюдениях звезд с ее поверхности**

Чолий В.Я.<sup>1,2</sup>, Видъяменко А.П.<sup>1,3</sup>, Казанцева Л.В.<sup>2</sup>, Неводовский П.В.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

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

Из-за практического отсутствия атмосферы небо на Луне всегда чёрное. Температура на ее поверхности в зависимости от освещенности изменяется от  $-160^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ . Долететь до Луны, чтобы доставить, починить или обновить оборудование — очень дорогое удовольствие. Поэтому пока имеет смысл говорить лишь о наблюдениях, которые за «разумные» средства возможно провести только с Луны [1, 3, 5]. Одной из таких задач, которые астрономическими методами можно решить при наблюдениях звездного неба с поверхности Луны, является исследование ее физической либрации [2]. Согласно определению, физическая либрация — это небольшое (амплитудой  $\sim 2'$ ) покачивание Луны, которое вызывается приливными силами со стороны Земли. Оно проявляется в небольшом изменении периода ее вращения вокруг оси. Для изучения физической либрации следует получить ежедневные и годовые треки звезд на небесной сфере, то есть необходимо показать их поведенческие особенности при наблюдении с поверхности Луны.

На первом этапе проводимого нами моделирования необходимо сравнить селенографические координаты звезд для разных моделей гравитационного поля Луны. Так, выполненный в [4] анализ показал, что даже при сравнении современных моделей звездные модельные «дорожки» отличаются от дуги более чем на 10 мс дуги. Японские исследователи в проекте «ILOM» предполагают установить свои инструменты возле южного полюса Луны на краю кратера Шарля Малапера. Там довольно стабильный температурный режим, и это может обеспечить щадящие условия эксплуатации оборудования, эффективно использовать солнечные батареи и обойтись без радиоизотопных источников питания.

Возможности наблюдений с лунной поверхности неоднократно рассматри-

вались и украинскими исследователями [2, 7]. С целью определить физическую либрацию Луны, на ее поверхности планируем установить камеру для наблюдения за звездами. Наши предварительные оценки показывают, что прибор для наблюдений звездных полей можно устанавливать не только в приполярном регионе, но и существенно ближе к экватору. Оптическая система специально отобранный камеры должна выделять на небесной сфере поле диаметром  $1\text{--}2^\circ$ . Это позволит для каждого изображения использовать при обработке более 100 опорных звезд ярче  $11\text{--}12^m$ . Оценки указывают на необходимость определять координаты наблюдаемых звезд с точностью около миллисекунды дуги. Современное программное обеспечение вполне позволяет достичь такой точности.

На первом этапе подготовки к космическому эксперименту мы планируем провести некоторые исследования касающиеся его теоретической поддержки. Сюда следует включить такие задания:

- 1) подобрать соответствующий список звезд, попадающих в поле зрения камерной системы для изучения прецессионного движения лунного пояса;
  - 2) выполнить моделирование и анализ поведения следов звезд за период наблюдений;
  - 3) осуществить модельную проверку чувствительности измеренных селенографических координат звезд к изменениям параметров динамической модели Луны и т.п.
1. Burlak O., et al. 38th COSPAR Scientific Assembly. 18–25 July 2010. Bremen, Germany, p. 11.
  2. Iakovkin A.A. Formulas and Ephemerides Intended for Field Observations on the Moon Kiev: Naukova dumka, 1964, 148 p.
  3. Morozhenko A.V., Vid'machenko A.P. Kosm. Nauka i Tekhnol. 2003, vol. 9, no. 2, p. 28–29.
  4. Petrova N.K., Hanada H. Sol. Syst. Res. 2013, vol. 47, no. 6, p. 463–476.
  5. Shkuratov Yu.G., et al. Advances in Sp. Res. 2003, vol. 31, no. 11, p. 2341–2345.
  6. Vid'machenko A.P., Morozhenko A.V. Kosm. Nauka i Tekhnol. 2004, vol. 10, no. 5/6, p. 21–27.
  7. Kazantseva L.V., Kislyuk V.S. Proceed. of internat. Scient. conf. September 25–28 2006. Nikolaev: Atoll, 2007, p. 300–307.

## **Застосування геоінформаційних технологій в прогнозуванні зсувних процесів**

*Шуригайло Н.І., Зацерковний В.І.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Зміни інженерно-геологічних умов набули регіонального розвитку як наслідок активізації небезпечних геологічних процесів — підтоплення, карсту, зсувів, зниження несучих властивостей лесових ґрунтів та глин, що набухають, просідання та осідання земної поверхні внаслідок підробок гірничими ви-

робками, обумовлених техногенними факторами [1]. На сьогодні майже 80% території України знаходиться в техногенно порушеному стані.

Підтоплення і водонасичення ґрунтів зони аерації сприяють активізації зсуvin, збільшують площи просідання лесових ґрунтів. Активізація карстового процесу виводить з господарського освоєння значні площи освоєних земель та загрожує функціонуванню об'єктів економіки в районах поширення порід, які здатні до карстування.

Крім того, через відсутність вільних площ будівництво в містах часто ведеться на територіях, які є потенційно небезпечними, де спостерігаються різноманітні ЕГП: ерозія, зсуви, селі, суфозія тощо. В результаті цього активізуються старі зсуви або розвиваються нові, що призводить до неминучих змін довкілля, які супроводжуються техногенним посиленням тиску цих процесів.

Просторовий та часовий прогноз розвитку зсуvinих процесів виконується за різними підходами та методичним забезпеченням, де враховано узагальнюючі чинники та особливості їх формування на регіональному та локальному рівні [2,3].

Визначення пріоритетності факторів виникнення небезпечних явищ на комплексній основі за конкретними крупномасштабними геолого-геоморфологічними та гідрометеорологічними даними на окремих ділянках функціонування відповідних техногенних систем не є тривіальною задачею. Вона повинна розв'язуватись через інтегрований аналіз якісних і значною мірою кількісних даних з геолого-геоморфологічної будови території та фізико-географічних умов формування цих явищ. Основна мета — науково-обґрунтоване виділення локальних ділянок можливого формування небезпечних геологічних процесів та моделювання їх впливу на функціонування природно-техногенних систем, для яких можна застосувати методи детермінованого моделювання і прогнозу.

Поширення та розвиток зсуvin на території України має тенденцію до зростання, зокрема площи зсуvonебезпечних зон за останні 30 років збільшились у 2–5 разів. За даними державного моніторингу ЕГП кількість зсуvin вже перевищує 23 тис. од. і постійно і має тенденцію до зростання під впливом природних і техногенних факторів. Постійне зростання кількості зсуvin і переход раніше стійких схилів (укосів) до категорії зсуvonебезпечних, спричиняє зростання інженерно-геологічного ризику освоєння територій та виникнення надзвичайних ситуацій.

За останні роки було розроблено різні методи комплексного аналізу геологічного середовища з метою прогнозування зсуvin різного генезису. Загальноприйняті методики базуються на створенні тривимірних моделей досліджуваних територій, об'ємної деталізації зсуvonебезпечних схилів за допомогою фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування, наземної або повітряної лідарної зйомки, технології GPS.

Серед загальновживаних методів оцінки стійкості схилів та визначення зсуvinого тиску слід відмітити такі: метод круглоциліндричної поверхні, метод

горизонтальних сил (Маслова–Берера, Маслова та ін.), аналітичний метод Г.М. Шахунянца, метод Л.П. Ясунаса та ін.

Безумовно, представлені методи розв'язують велику частину прикладних завдань щодо забезпечення надійності споруд, однак вони значною мірою схематизують геологічні умови та структурні особливості схилів. Значну проблему становить визначення поверхні ковзання. Частково вона вирішується за рахунок застосування геофізичних методів, зокрема вертикального електричного зондування або зондування становленням електромагнітного поля, які встановлюють як положення поверхні ковзання, так і її тип [4]. Для визначення прогнозно-еталонних ознак зсувів, пріоритетності та інформативності факторів їх формування використовуються технології ГІС [5], що передбачали створення інформаційної бази концептуальної моделі регіону із сукупністю картографічних шарів і баз атрибутивної інформації, відповідною організацією даних щодо можливих факторів виникнення сучасних екзогенних небезпечних геологічних процесів.

В цілому ж методи геоінформаційного аналізу дозволяють досить конкретно реалізувати складні просторові моделі комплексної оцінки стану середовища й одночасно вивчати комбінації різних природно-техногенних чинників. Ці технології призводять до швидкого і ефективного операування даними, що мають виразну, детальну (чітко координатну, тривимірну) просторову прив'язку, збереження даних, швидкий і зручний доступ до них, і на основі цих даних будувати високоякісні карти різних призначень.

1. Кузьменко Е.Д., Журавель О.М., Рудко В.П. та ін. Моніторинг зсувних процесів на трасах газопроводів // Нафтова і газова промисловість. — 2009. — С.55–57.
2. Кузьменко Е.Д., Безсмертьй А.Ф., Вдовина О.П. та ін. Дослідження зсувних процесів геофізичними методами / за ред. Е.Д.Кузьменка. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. — 294 с.
3. Кузьменко Е.Д., Крижанівський Є.І., Карпенко О.М., Журавель О.М. Закономірний зв'язок між величинами імовірностей виникнення зсувів та зсувної небезпеки при комплексному впливі природно-техногенних факторів (теоретичні засади та система прогнозування) // Екологічні проблеми нафтогазового комплексу: міжнар. наук.-практ. конф., 26 лютого – 2 березня 2007 р.: матеріали конф. — К.: НПЦ “Екологія, наука, техніка”, 2007. — С.71–74.
4. Іванік О.М. Методичне забезпечення прогнозування зсувної небезпеки на регіональному та локальному рівні: принципи, методи, моделі // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. — 2014. — Вип. 3. — С.55–60.
5. Зацерковний В.І., Тішаєв І.В., Віршило І.В., Демидов В.К. Геоінформаційні системи в науках про Землю. — Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. — 510 с.

## **Early-type galaxies: constraints on the X-ray scaling relations**

*Babyk Iu.V.*

Main Astronomical Observatory of NASU, Kyiv, Ukraine;  
University of Waterloo, Waterloo, Canada

I present the X-ray scaling relations of a sample of early-type galaxies (ETGs) using Chandra observations. The temperature, luminosity, and both total and gas masses are defined using multi-component spectral model which helps to measure spectral parameters of hot gas as careful as possible by taking the contribution of X-ray emission from unresolved X-ray binaries and other stellar sources into account. My sample includes gas-poor objects that help to extend luminosity and temperature ranges of already published L-T, M-T and L-M scaling relations on a few order of magnitudes.

The derived  $L - T^{4.4}$  relation of ETGs is much steeper than those for galaxy clusters ( $L - T^{2.7-3}$ ) and groups ( $L - T^{3-4}$ ), and extremely steeper comparing to self-similar model ( $L - T^2$ ) which assumes gravity only. Moreover,  $M - T$  and  $L - M$  correlations demonstrate significant steepness as well. This increasing of steepness from clusters to galaxies indicates about non-thermal processes (e.g. AGN feedback) that occur in smaller-scale objects. I discuss the origin and nature of these events.

## **Global statistics of meter-size celestial bodies**

*Chernogor L.F., Shevelev N.B.*

V.N. Karazin Kharkiv National University

The goal of this report is to present the analysis of the distribution of the number of mini-asteroid falls as a function of their total radiated energy, velocity, the altitude of peak brightness, and geographic coordinates, as well as the correlation diagrams for (1) the peak brightness altitude and the logarithm of the celestial body's total radiated energy and (2) the logarithm of square of the initial speed and the logarithm of the celestial body's total radiated energy. As a source, the NASA satellite database on the luminosity of 693 mini asteroids, which were decelerated in the terrestrial atmosphere, has been used. There are many reasons for interest in the investigation of earth-impacting asteroid meter size in diameter or larger. The science objective is to study the physical effects and processes associated with the impact of celestial bodies on the terrestrial atmosphere when all subsystems in the Earth-atmosphere-ionosphere-magnetosphere system are being disturbed, which provide possibilities for revealing coupling processes and multiple nonlinear positive and negative feedbacks among system components, all of which are not completely understood. An inflow of matter from mini asteroids onto the Earth also plays a significant role. Quantitative estimates of the rate of impacts of celestial bodies and possible consequences of these events are of practical use. The timely predictions of meteoroid collisions with our planet are of major importance. Thus, the impact of the Chelyabinsk meteoroid on February 15, 2013 took the residents of Chelyabinsk province by a complete surprise, 1,600 people were injured, and many buildings were partially destroyed as a result. The

damages exceeded \$30 million. It turns out that smaller celestial bodies can also cause significant damages to inhabitants of the planet Earth. For example, the explosion of the Vitim celestial body at an altitude of about 30 km above the Siberian taiga on September 24, 2004 led to partial damage to the forest in an area of about 300 km<sup>2</sup>. If such an event occurred over the urban area, injuries and even deaths to its residents would hardly have been avoided. The initial kinetic energy of this mini-asteroid was only about  $10^{13}$  J, and the size was approximately 3 m. Moreover, under certain conditions, it is possible to reach the surface of the Earth by celestial bodies of 2 m or more in size. The physical, chemical, and geochemical analysis of the meteorites found also has considerable interest.

The main results of the study are as follows. The distribution of the number of meter-size meteoroid entries into the terrestrial atmosphere in longitude has been shown to be uniform, while in latitude to be proportional to the cosine of the corresponding latitude. The number of celestial bodies entering the terrestrial atmosphere with 20–130 GJ total radiated energy decreases from 68 to 31 respectively. The part of such body entries is close to 72%. The power-law probability distribution is preferable with increasing energy from 125 to 3000 GJ. The majority (70.13%) of the celestial bodies have speeds in the 12.5 km/s to 20 km/s range. Only two events exhibit speeds in the 45–49 km/s range. The dependence of the number of celestial bodies on their peak brightness altitude follows well a normal distribution in the 20–48 km range. A noticeable deviation from the normal distribution at altitudes less than 20 km and above 48 km can be explained by a sharp difference between the strength of the celestial bodies under study and the stone celestial body strength. The correlation diagram for the peak brightness altitude and the logarithm of total radiated energy indicates the absence of stable correlation between these parameters. Some degree of correlation is observed between the celestial body initial speed squared and the logarithm of the celestial body total radiated energy.

## **On the potential role of selected trans-Neptune planetary bodies in the dynamical evolution of the long-period comets**

*Guliyev R.A.*

Shamakhy Astrophysical Observatory, Azerbaijan National Academy of Sciences

We investigate the orbital evolution of the of 235 long-period and medium-period comets prior to their discovery. The calculations cover  $\sim 100\,000$  years. Gravitational influence of 8 major planets and 5 most massive trans-Neptune planetary bodies (Pluto, Sedna, Haumea, Eris, and 2012 VP113) are taken into account. In general, the objective is to find close and moderate encounters of comets with the listed kuiper bodies. When the calculations done, it was possible to identify 36 encounters of this nature. It is assumed that the Kuiper bodies play a very prominent role in the gravitational evolution of long-period comets.

## **Statistical approach to variability detection in photometrical data**

*Khramtsov V., Akhmetov V.S.  
V.N. Karazin Kharkiv National University*

Photometric measurements of a variable source may be considered as series with sure systematic “error” of measurements. However, this assumption, in fact, makes it challenging to distinguish true low-amplitude variability from the apparent one caused by systematic effects and measurement errors; based on this problem, three different reliable methods on the challenge of variable objects detection are described in the literature: direct image comparison method, lightcurve analysis using variability indices and periodicity search method. In this work we used the second one.

We used 5 statistical parameters in our investigation: scatter-based indices —  $\chi^2$ -test (chi-squared test), standard deviation  $\sigma$ , median absolute deviation MAD, peak-to-peak test, and correlation-based index — the von Neumann ratio  $\eta$ .

Observations were obtained at Chuguev Observational Station of Astronomical Institute of V.N. Karazin Kharkiv National University using 0.7<sup>m</sup> reflector AZT-8. The  $\sim 15' \times 15'$  eight stellar near-galactic plane fields in the  $V$ ,  $R$  bands were observed between 2013 and 2015. Variable stars candidates were selected in each field using 5 parameters listed above. Further candidates were tested on variability by a dint of aperture photometry method using AstPhot package software [2]; in this program we also built light curves for visual detecting the variable stars.

For predicting of expected amount of variables in each field a star population was modeled via the synthetic model of our Galaxy — Besancon Model of Stellar Population Synthesis (<http://model.obs-Besancon.fr>) [4]. Amount of variable stars in the field was calculated by using empiric data of “Kepler” spacecraft [3] about quantity of variables with certain spectral class due to the amplitude of variability.

The results of statistical approach satisfactorily converged with expected amount of variable stars in these fields and manual variable stars detecting. We detected 26 sure candidates for variable stars with using 5 statistical parameters on the eight fields where predicted amount of the variables was equal to 65512 stars totally according to the Besancon Model of Stellar Population Synthesis. Unfortunately, some of detected variable sources are lacking in further measurements.

1. Sokolovsky K.V., Gavras P., Karampelas A., Antipin S.V., Bellas-Velidis I., Benni P., Bonanos A.Z., Burdanov A.Y., Derlopa S., Hatzidimitriou D., Khokhryakova A.D., Kolesnikova D.M., Korotkiy S.A., Lapukhin E.G., Moretti M.I., Popov A.A., Pouliasis E., Samus N.N., Spetsieri Z., Veselkov S.A., Volkov K.V., Yang M., Zubareva A.M. // 2016, arXiv:1609.01716v2.
2. Mottola S., Angelis G. De, Martino M. Di, Erikson A., Hahn G., Neukum G. // Icarus. — 1995. — 117. — P.62.

3. Ridgway S. // Ap.J. — 2014. — **796**. — P.53.
4. Robin A.C., Reylé C., Derrière S., Picaud S. A synthetic view on structure and evolution of the Milky Way // As.Ap. — 2003. — **409**. — P.523. ADS(erratum: 2004, AA, 416:157);
5. Drake A.J., Graham M.J., Djorgovski S.G., Catelan M., Mahabal A.A., Torrealba G., Garcia-Alvarez D., Donalek C., Prieto J.L., Williams R., S.Larson, Christensen E., Belokurov V., Koposov S.E., Beshore E., Boattini A., Gibbs A., Hill R., Kowalski R., Johnson J., Shelly F. // 2014, arXiv:1405.4290

## **Behavior of chromosphere lines in spectra of extrasolar planet systems HD189733 and WASP-33 during transits**

Kuznyetsova Yu.<sup>1</sup>, Shliakhetskaya Y.<sup>1</sup>, Vidmachenko A.<sup>1</sup>, Krushevska V.<sup>1</sup>, Andreev M.<sup>2</sup>, Bondar A.<sup>2</sup>, Velichko S.<sup>2</sup>, Sokolov I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Main astronomical observatory of National Academy of Science of Ukraine

<sup>2</sup>International Center of Astronomical and Medical Ecological Researches,  
National Academy of Sciences of Ukraine

Spectral observations of transit exoplanet systems HD189733 and WASP-33 during some transit events were carried out. Comparative analysis of variations of chromosphere spectral line parameters for two exoplanet systems before transit, during and after transit was done. Spectral chromosphere line series obtained during transit are vastly distinguished from ones out of transit for system HD189733. Also it has been detected a presence of extended atmosphere tail for this system. Data were obtained at the peak Terskol Observatory (Northern Caucasus, Russia) using 2-meter Ritchey-Chretien telescope Zeiss-2000 and coude echelle spectrograph with  $R = 45\,000$ .

1. Vid'machenko A.P., Krushevska V.N., Kuznetsova Ju.G. Brightness variations of an extrasolar giant planet rotating around its central star // Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. — 2002. — **18**, № 5. — P.419–432.
2. Kuznetsova Ju.G., Vid'machenko A.P. Spectra analysis of some Sun type stars with planets // Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, Suppl. — 2003. — № 4. — P.101–102.
3. Kuznyetsova Yu., Krushevska V., Andreev M., Vidmachenko A., Shliakhetskaya Ya. Photometric Researches of Chromospheric Activity Variations for Star Systems with Exoplanets Using Small Telescopes // Contributions of the Astronomical Observatory Skalnate Pleso. — 2014. — **43**, № 3. — P.408–408.
4. Krushevska V., Kuznyetsova. Yu., Matsiaka O., Andreev M., Romanyuk Ya., Vid'machenko A. Determination of parameters of transit exoplanets, using data obtained at the small telescopes // Contributions of the Astronomical Observatory Skalnate Pleso. — 2014. — **43**, № 3. — P.458–458.
5. Shliakhetskaya Ya., Kuznyetsova Yu., Vidmachenko A., Krushevska V. Variability of spectral lines of extrasolar system HD189733 during a transit // Astronomical School's Report. — 2014. — **10**, № 2. — P.147–151.
6. Kuznyetsova Yu., Shliakhetskaya Y., Matsiaka O., Krushevska V., Romanyuk Ya. Application of transit timing variation method (TTV) to exoplanet system TrES-3 // Astronomical School's Report. — 2015. — **11**, № 1. — P.48–52.

7. Kuznyetsova Yu.G., Krushevska V.N., Zakhozhay O.V., Matsiaka O.M., Vidmanchenko A.P., Shliakhetskaya Ya.O., Andreev M.V., Romaniuk Ya.O. The study of exoplanets and protoplanetary discs in the Main astronomical observatory of NAS of Ukraine // Astronomical School's Report. — 2016. — **12**, № 1. — P.67–71.

## Spectral variability of the star HD142983 (48 Lib)

Maharramov Y.M.

Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi,  
Azerbaijan National Academy of Sciences

The HD142983 (48 Lib) has a long history of spectroscopic observations. According to latest scientific data the parameters of the star 48 Lib are: the spectral class B8Ia/ab, the mass  $M_* = 4.1M_\odot$ , the radius  $R_* = 3.2R_\odot$ , the effective temperature  $T_{\text{eff}} = 12\,860$  K, the rotational velocity  $\vartheta \sin i = 390$  km/s.

Profile variations in the  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ , HeI (5875.72 Å), NaI (5889.95 Å, 5895.92 Å) lines in the spectra of the star HD142983 are investigated from observations acquired in 2011 and 2014 at the Cassegrain focus of the 2-m telescope with CCD detector at the Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi. The spectral resolution was  $R = 15\,000$  and the spectral range is  $\lambda\lambda 4700–6700$  Å. The Echelle spectra were processed with the standard technique using the DECH20 and DECH20t software.

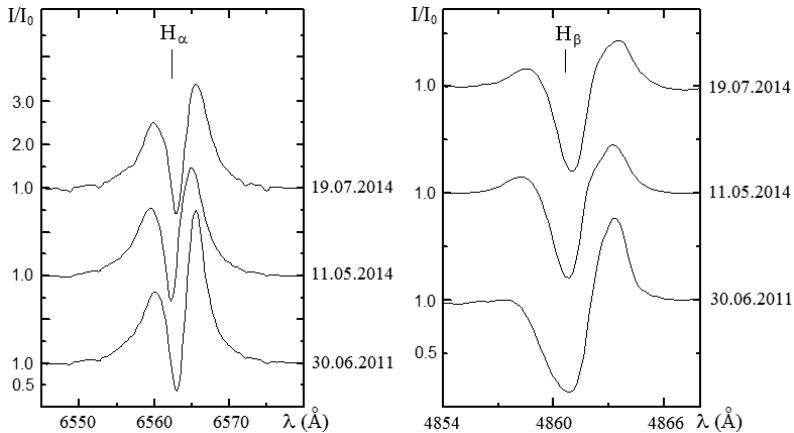
Two spectra of the target star were obtained on each night. The signal-to-noise ratio was  $S/N = 150–200$ . The average exposure was 600–900 s, depending on the weather conditions.

The results have been compared with a large number works of the other investigators. It has been determined that profile of the  $H_\alpha$  line consists of two changeable emission with double peak and absorption in its (Fig. 1). The  $V/R$  ratio changes with time. Besides, in the profile of the  $H_\beta$  line the intensity of emission and absorption components changes quickly (Fig. 1).

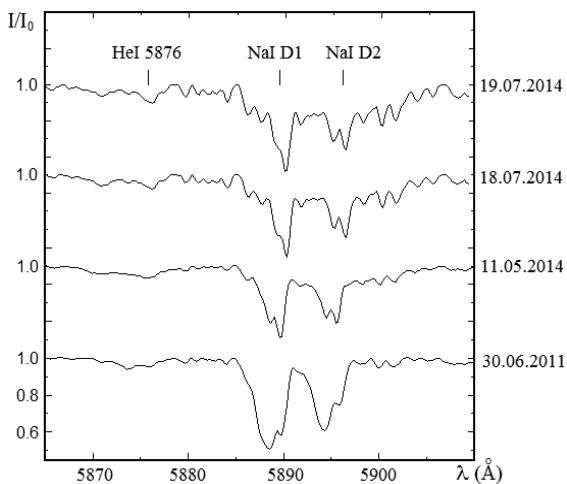
The profiles of HeI lines are quite unusual. Most HeI lines show fairly complex profiles with one or more absorption components.

In addition, the second component is observed in NaI doublet line and it moves on the contour of the line (Fig. 2). But sometimes the second component weakens and disappears.

We suppose that all of these changeability are explained with the characteristic feature of the supergiant star 48 Lib which this peculiarity is nature of the *Be* type stars.



**Рис. 1.** H<sub>α</sub> and H<sub>β</sub> line profiles in the spectra of the star HD142983 observed in 2011 and 2014



**Рис. 2.** NaID line profiles in the spectra of the star HD142983 observed in 2011 and 2014

# **A harmful agents detections in vegetation with remote sensing reflectance data**

*Semeniv O.V.*

Space Research Institute NASU–SSAU

The problems of agricultural lands state estimation and risk evaluation in different ecological situations are the basic in the program of human society safety. Passive and active optical remote sensing techniques have been used in many different fields: land cover classification, ecological stresses testing, agriculture, etc. Many factors affect the optical reflectance properties of crops, including water content, diseases, and soil nutrients. Multispectral and hyperspectral data are powerful tools in remote sensing of vegetation state and rapid detection of harmful agents. Spectral data have the potential to be useful in detecting chemical agents that are influenced a crop before the crop stresses are visible to the human eye. In some cases the visible indicators of the degradation in vegetation are absent (i.e., the optical reflectance is altered only in the nonvisible regions of the optical spectrum). Reflectance values across the visible and near infrared regions of the spectrum can be analyzed with mathematical algorithms of rapid target recognition. The recognition system on a multiclass classification approach could be used to characterize the level of harmful agents present in investigation area. The problem of the vegetation state classification based on biochemical components concentration or spectra curve has been considered. Subtle changes in vegetation as a result of low levels harmful agents affect can be quite difficult to recognize and require the use of spectral data of more high resolution. However, the high dimensionality of data typically requires one to have a large number of training samples for designing and training the classification algorithm. To avoid the problem of large data dimensionality, the spectral data sets must be preprocessed, thereby reducing the dimensionality to an acceptable level. Such preprocessing methods must reduce the dimensionality of the spectral data set while maintaining the pertinent information required for accurate classifications.

Several experiments were carried out to investigate the plants reflectance spectra reaction on heavy metals salts affect. The experimental box consists of the cardboard box, two photodiode USB lamps which are mounted in box, and portable system of spectral data measurements. It was discovered that the reflectance spectra curves seriously changed after 24 hours affect. Based on series of measurements the contrast coefficients between different samples were calculated. The results of investigations showed that in several regions the reflectance spectra have linear dependence from harmful agents and time of their affect.

# **SAR remote sensing planetary applications**

*Stankevich S.A., Kozlova A.A., Piestova I.O.*

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

**Introduction.** At moment, the imaging radar progress provides high opportunities for remote sensing applications. Recently operating radar satellite systems Radarsat, ALOS, Cosmo-SkyMed, TerraSAR, Sentinel have high spatial resolution, wide swath and quick revisit time. The SAR remote sensing primary planetary applications are land and ocean mapping, vegetation and ecosystems, agriculture and forestry, urban and mining area monitoring, precision radar interferometry [1].

**SAR imaging for land cover and forestry.** Long-wave SARs, such as the L-band ALOS/PALSAR satellite system, are more suitable for forests and land cover mapping. However, shorter wavelengths of C- and X-band, in which most satellite SARs operate, can be used too. The well-known of them are TerraSAR/SAR-X and Sentinel/C-SAR. Estimate forest LAI/biomass through regressions can be derived from dual-polarization SARs by considering bio- and geophysical ground data (elevation, slope, aspect, soil moisture, etc.) [2]. The common land cover mapping by SAR is applied, as a rule, at regional-scales. Also, the optical and radar datasets complementarity is exploited often to mapping land properties [3].

**SAR imaging for cropland mapping.** This SAR data utilization greatly expands possibilities for agricultural monitoring. The crucial crop variables such as LAI and crop calendar/phenology can be retrieved from coordinated optical/SAR acquisitions or from SAR only, particularly in areas limited by cloud cover [4].

**InSAR for geohazard and solid planet.** The SAR outputs obtained by analysis of amplitude, interferometry and coherent change detection are well-suited for small land surface displacements mapping and geohazard assessment [5]. Satellite InSAR has been widely employed to investigate earthquake deformation occurring, landslide mechanisms triggering, land subsidence inducing, and planet shape precision monitoring [6].

**SAR imaging for sea surface monitoring.** In recent decades, satellite SAR has been successfully used as a powerful tool for sea surface monitoring, oil spill detection, ships tracking and marine features extraction [7]. In contrast to natural rough land surface radar imaging, for the ocean surface well-behaved quite-regular partly-deterministic models can be developed [8].

**SAR imaging for outer planets.** Radar remote sensing of the terrestrial planets and moons is an active field of research. The radar mapping has generated new theoretical treatments of planetary surfaces' properties [9]. So, practically all present-day and future planetary missions are always equipped with SAR.

**Conclusion.** Thus, the modern SAR remote sensing is powerful and perfect tool for most planetary applications. In combination with optical imagery and geoinformation technologies it provides comprehensive information on objects and phenomena at the Earth's surface and outer planets as well.

1. *Calla O.P.N.* Applications of microwaves in remote sensing // International Journal of Computer Applications, 2011. — **19**, № 1. — P.343–358.
2. *Kellndorfer J., Cartus O., Bishop J., Walker W., Holecz F.* Large scale mapping of forests and land cover with synthetic aperture radar data // Land Applications of Radar Remote Sensing / F.Holecz, P.Pasquali, N.Milisavljevic, D.Closson (Eds). — Rijeka: InTech, 2014. — P.59–94.
3. *Joshi N., Baumann M., Ehammer A., Fensholt R., Grogan K., Hostert P., Jepsen M.R., Kuemmerle T., Meyfroidt P., Mitchard E.T.A., Reiche J., Ryan C.M., Waske B.* A review of the application of optical and radar remote sensing data fusion to land use mapping and monitoring // Remote Sensing. — 2016. — **8**. — Article 70. — 23 p.
4. *Whitcraft A.K., McNairn H., Lemoine G., LeToan T., Sobue S.-I.* The power of synthetic aperture radar for global agricultural monitoring // The Ad Hoc Working Group on GEOGLAM Document. — Canberra: CEOS, 2016. — 4 p.
5. *Loreaux Ph., Pamaraju V.N.R.* Advances in radar remote sensing and its application to safeguards // Proceedings of the Symposium on International Safeguards “Preparing for Future Verification Challenges”. — Vienna: International Atomic Energy Agency. — 2010. — Paper 247. — 9 p.
6. *Tomás R., Li Z.* Earth observations for geohazards: present and future challenges // Remote Sensing. — 2017. — **9**. — Article 194. — 10 p.
7. *Biamino W.W., Tataranni F., Borasi M., De Vecchi C., Trivero P.* Monitoring sea surface with SAR: studies and applications // WIT Transactions on Ecology and the Environment. — 2008. — **117**. — P.203–211.
8. *Martino G.D., Iodice A., Riccio D., Ruello G.* Ocean monitoring with SAR: an overview // Proceedings of Joint Annual Conference “Oceans-2015”. — Genoa: IEEE, 2015. — P.1918–1923.
9. *Campbell B.A.* Radar Remote Sensing of Planetary Surfaces. — Cambridge: University Press, 2002. — 350 p.

## Зміст

Програма роботи конференції .....	3
<i>Андрієвський С.М.</i> Еволюція зір і елементи космохімії .....	4
<i>Балогланов А.Ш.</i> Спектральна переменностъ звезды сверхгиганта HD187982 .....	4
<i>Вольвач А.Е., Курбасова Г.С.</i> О проблеме экологической безопасности Крыма .....	5
<i>Библів В.В., Зацерковний В.І.</i> Геоінформаційна система оцінки стану інженерних споруд щодо захисту території від підтоплення .....	6
<i>Букалов А.В.</i> О происхождении больших чисел Дирака–Эддингтона ...	7
<i>Букалов А.В.</i> Природа преобразований Лоренца в космологической модели со сверхпроводимостью .....	8
<i>Букалов А.В.</i> Сингулярности черных дыр как конденсаты релятивистских полей .....	10
<i>Видьмаchenko A.P.</i> Две астроблемы в Украине — свидетели последних дней динозавров .....	11
<i>Видьмаchenko A.P.</i> Особенности строения поверхности Цереры .....	13
<i>Видьмаchenko A.P.</i> Какие формы жизни могли бы начать зарождаться в условиях Марса? .....	16
<i>Видьмаchenko A.P.</i> Изменения яркости полушарий Юпитера снова становятся периодическими .....	17
<i>Видьмаchenko A.P.</i> Возможной 9-й планеты на расстоянии менее 1000 а.е. в Солнечной системе нет .....	19
<i>Відьмаchenko A.P., Стеклов О.Ф.</i> Де ще може бути життя у Сонячній системі? .....	21
<i>Войцеховський В.В.</i> Моделювання великомасштабної структури Всесвіту за допомогою випадкових гауссівських полів .....	24
<i>Волчанський О.В., Бугай С.Й.</i> Національно-патріотичне виховання на уроках астрономії .....	24
<i>Гайгель Ю.І.</i> Представлення потенціалу селеноїда в залежності від впливу еліпсоїдальності форми і обертового компоненту .....	26
<i>Германюк В.А.</i> Картографування водяної рослинності верхів'я Київського водосховища з використанням різночасових супутникових знімків Sentinel-2 .....	27

<i>Дмитренко А.М., Ахметов В.С.</i> Обробка астрономічних зображень математичними методами .....	29
<i>Железняк О.А.</i> Особенности орбитального вращательного движения спутников планет .....	30
<i>Железняк О.О. (мол.)</i> Аерокосмічні методи моніторингу міських агломерацій в інфрачервоному діапазоні електромагнітних хвиль ..	30
<i>Железняк О.О. (мол.)</i> Особливості інфрачервоного випромінювання земних ландшафтів .....	32
<i>Закусило О.П., Пилипчук В.В.</i> Аналіз методів знаходження особливих точок на зображенні .....	34
<i>Захожай В.А., Денищенко С.И.</i> Ближайшие к Солнцу космические объекты .....	35
<i>Захожай В.А., Забуга С.И.</i> Особенности времён горения водорода в недрах звезд различных населений Галактики .....	36
<i>Захожай О.В., Захожай В.А., Куратов К.С.</i> Наблюдения и моделирования распределений энергии в спектрах молодых звезд .....	37
<i>Захожай В.А.</i> Статистические связи и закономерности в астрофизике и звездной астрономии .....	38
<i>Захожай В.А., Шомшекова С.А.</i> Фотометрические исследования сейфертовской галактики NGC 7469 .....	39
<i>Захожай В.А., Вовк С.Р.</i> Шкала времени эволюции ключевых событий звездных скоплений .....	39
<i>Зєлик Я.І.</i> Післястартове калібрування супутниковых оптико-електронних сенсорів спостереження Землі та продукти обробки супутниковых даних .....	40
<i>Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б.</i> Астрономічний аспект дослідження геодинамічного стану сейсмонебезпечних регіонів .....	41
<i>Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В.(мол.)</i> Варіації параметрів магнітного поля Землі та сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину .....	43
<i>Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В.(мол.)</i> Вплив факторів-зavad на геомеханічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині .....	44
<i>Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин В.В.(мол.)</i> Гідрогеологічний аспект геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину .....	46

<i>Клюєва А.І., Белов А.В., Єрошенко Є.О.</i> Особливості жорсткісного спектру ефектів Форбуша .....	47
<i>Клюєва А.І., Белов А.В., Єрошенко Є.О.</i> Каталог Форбуш-ефектів .....	48
<i>Козаченко Є.В., Зацерковний В.І.</i> Розробка просторової бази даних ГІС для геоекологічної оцінки урбанізованих територій .....	48
<i>Коломієць С.В.</i> Метеорна віртуальна обсерваторія: стан в Україні та світі .....	49
<i>Комар М.В., Беленок В.Ю.</i> Оцінка динаміки ерозійних процесів ґрунтового покриву на основі супутникових знімків .....	50
<i>Криводубський В.Н.</i> Джерела сонячної енергії і космічна погода .....	51
<i>Криводубський В.Н.</i> Прогнозування полярних магнітних полів Сонця в мінімумі циклів на основі поверхневого альфа-ефекту .....	55
<i>Криводубський В.Н.</i> Прогнозування магнітної активності Сонця на основі моделей динамо та інтервали пам'яті сонячних циклів .....	57
<i>Кручиненко В.Г., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П., Дашиев Г.Н., Стеклов Е.А.</i> Дневные наблюдения Лирид в 2017 году .....	60
<i>Мороженко А.В., Видъмаченко А.П., Неводовский П.В., Чолий В.Я.</i> Возможные наблюдения Земли с украинских Лунных миссий .....	61
<i>Лісова О.А., Зацерковний В.І.</i> Оптимізація розрахунку концентрації елементів Rb та Sr .....	62
<i>Лозицький В.Г.</i> Проблеми фізики Сонця .....	64
<i>Лубський М.С.</i> Застосування супутникового знімання у інфрачервоному діапазоні для картування теплових полів середньої просторової розрізненості .....	65
<i>Михальчук В.В.</i> Структура календарного солнечного цикла .....	67
<i>Мороженко А.В., Видъмаченко А.П.</i> Что и как влияет на освоение Марса .....	67
<i>Поладова У.Д.</i> О проблеме распада кометных ядер .....	70
<i>Пономаренко В.О., Симон А.О., Чурюмов К.І., Клецюнок В.В.</i> Оцінка фізичних параметрів комети C/2015 V2 (Johnson) за спектральними спостереженнями .....	71
<i>Руль Н.В., Беленок В.Ю.</i> Цифрові камери скануючого типу «3-DAS-1» .....	71
<i>Самедов З.А., Гадирова У.Р.</i> Исследование атмосферы ν HeII(F2II) .....	72
<i>Стеклов А.Ф., Дашиев Г.Н., Видъмаченко А.П.</i> Возможные вирусы из космоса попадают в атмосферу Земли .....	73

<i>Стеклов Е.А., Кручиненко В.Г., Стеклов А.Ф., Видъмаченко А.П.,</i> <i>Дашкиев Г.Н.</i> Успешные сумеречные наблюдения потока $\eta$ -Акварид в «Единой сети Чурюмова» .....	75
<i>Троянский В.В., Базей А.А.</i> Резонанс Kozai в астероидных системах ..	76
<i>Фис М.М., Бридун А.М., Согор А.Р.</i> Дослідження структури коефі- цієнтів подання потенціалу всюди збіжними рядами .....	77
<i>Чолий В.Я., Видъмаченко А.П., Казанцева Л.В., Неводовский П.В.</i> Исследование либрации Луны при наблюдениях звезд с ее поверхности .....	78
<i>Шуригайло Н.І., Зацерковний В.І.</i> Застосування геоінформаційних технологій в прогнозуванні зсувних процесів .....	79
<i>Babyk Iu. V.</i> Early-type galaxies: constraints on the X-ray scaling relations	82
<i>Chernogor L.F., Shevelev N.B.</i> Global statistics of meter-size celestial bodies .....	82
<i>Guliyev R.A.</i> On the potential role of selected trans-Neptune planetary bodies in the dynamical evolution of the long-period comets .....	83
<i>Khramtsov V., Akhmetov V.S.</i> Statistical approach to variability detection in photometrical data .....	84
<i>Kuznyetsova Yu., Shliakhetskaya Y., Vidmachenko A., Krushevskaya V., Andreev M., Bondar A., Velichko S., Sokolov I.</i> Behavior of chromosphere lines in spectra of extrasolar planet systems HD189733 and WASP-33 during transits .....	85
<i>Maharramov Y.M.</i> Spectral variability of the star HD142983 (48 Lib) ....	86
<i>Semeniv O.V.</i> A harmful agents detections in vegetation with remote sensing reflectance data .....	88
<i>Stankevich S.A., Kozlova A.A., Piestova I.O.</i> SAR remote sensing planetary applications .....	89

## **Наукове видання**

Під загальною редакцією

д.ф.-м.н., проф. *Захожая В.А.*  
(Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна)  
д.ф.-м.н., проф. *Железняка О.О.*  
(Національний авіаційний університет, Київ)

Технічний редактор *Терещенко А.О.*

Комунальний вищий навчальний заклад Київської  
обласної ради «Академія неперервної освіти»

Україна, м. Біла Церква, вул. Ярослава Мудрого, 37

Видано 100 екз.

