

Національна Академія Наук України

Головна Астрономічна обсерваторія

-

ЗВІТ

ПРО РОБОТУ ВІДДІЛУ ФІЗИКИ СОНЦЯ в 2022 р.

Звіт обговорений на семінарі відділу 14 грудня 2022 р.

Завідувач відділу фізики Сонця
доктор фіз.-мат. наук, член-кореспондент НАНУ



Н.Г. Щукіна

Київ-2022

1. Вступ

Найважливіші наукові досягнення

1. У рамках української спостережної програми “Моніторинг вибраних фраунгоферових ліній”, яка виконується з 2012 р. на сонячному горизонтальному телескопі Ернеста Гуртовенка (АЦУ-5) в ГАО НАНУ, вперше вдалося отримати ряди даних тривалістю **11 років** для різних параметрів сонячних спектральних ліній, що спостерігаються у спокійних ділянках Сонця. (*Осіпов С.М. спільно з Пішкалом М.І., Костиком Р.І.*)

2. Вперше показано, що ці параметри корелюють із змінами загального магнітного поля Сонця в 11-річному циклі сонячної активності. Ми пояснюємо таку поведінку варіаціями температури спокійної компоненти фотосфери Сонця: ця компонента в максимумі циклу стає гарячішою. (*Щукіна Н.Г. спільно з Осіповим С.М., Пішкалом М.І., Костиком Р.І.*)

Перспективними напрямками фізики Сонця є: моніторинг змін фізичних параметрів Сонця з 11-річним циклом сонячної активності, сонячна спектрополяриметрія і магнетизм; перенос поляризованого випромінювання, геліосейсмологія, корональна магнітометрія, фізика активних утворень, хімічний вміст Сонця та зір, швидка змінність та хвильові процеси в небесних тілах.

У 2022 р. дослідження проводилися за темами № 352В, № 449Кт, № 379Ц, № 425В.

2. Виконання відомчих, програмно-цілевих та державних тематик

2.1. Виконання завдань відомчої тематики

Тема № 352В. Дослідження структури та динаміки магнітних утворень на Сонці.

Керівник теми: зав. відділу фізики Сонця, д. ф.-м. н., чл.-кор. НАНУ Щукіна Н.Г.

Тема фінансується НАН України.

Проведено 55 днів спостережень на телескопі АЦУ-5 за програмою “Моніторинг вибраних фраунгоферових ліній” та 19 днів калібрувальних процедур. Загалом отримано 13640 двомірних записів спектра Сонця (8336 – в центрі диска і 5304 – на полюсах Сонця). Протягом року проведено 19 сеансів вимірювань інструментального контуру спектрографу. Проведені штатні роботи по обслуговуванню телескопа і ремонтні роботи з відновлення системи керування додатковим дзеркалом целостата.

(Осіпов С.М., Пішкало М.І.)

Проведено попередню обробку цих спостережень – відбраковка даних, розрахунки рівнів розсіяного світла в спектрографі, побудова полів flatfield, виявлення параметрів замивання лімба, реєстрація вимірюваних профілів інструментального контуру тощо. (**Осіпов С.М.**)

Продовжено дослідження в області корональної магнітометрії. Вивчення замагніченої корональної плазми здійснюється шляхом діагностики поляризації корональних E1 та M1 ліній атомів FeX, FeXI, FeXIII, FeXIV, SiIX, SiX, яка обумовлена ефектом Ханле.

Розроблено програмне забезпечення на основі інтерактивної мови даних IDL (Interactive Data Language), яке дозволяє розраховувати поляризацію випромінювання (параметри Стокса) діагностично важливих корональних ліній атомів FeX, FeXI, FeXIII, FeXIV, SiIX, SiX в ультрафіолетовому (УФ) та **інфрачервоному (ІЧ)** діапазонах сонячного спектра. (Шукіна Н.Г.)

За допомогою цього програмного забезпечення проводиться моделювання та вимірювання фундаментальних параметрів сонячної корони, таких, як напруженість і напрям магнітного поля, щільність і температура електронів та міра диференціальної емісії. (Шукіна Н.Г.)

Результати цієї роботи будуть використані для інтерпретації спектрополяриметричних спостережень корональних ІЧ ліній на найбільших сонячних телескопах. До їхнього числа відносяться європейський сонячний телескоп GREGOR (діаметр $D=1.5$ м) та найбільший у світі сонячний 4-м телескоп DKIST (Daniel K. Inouye Solar Telescope), який уведений в дію в 2019 році в США. (Шукіна Н.Г.)

Проведено аналіз спектрополяриметричних та фільтрових спостережень активної ділянки біля центра сонячного диска в лініях Fe I, Ba II та Ca II, які були отримані на німецькому вакуумному баштовому телескопі (о. Тенерифе, Іспанія). Виявлено, що потужність коливань швидкості залежно від частоти коливань сильно змінюється з висотою в атмосфері Сонця. На висотах від 0 до 300 км максимум потужності коливань припадає на частоту біля 3.5 МГц. На висоті $h = 650$ км виникає ще один максимум біля частоти 4.5 МГц, а на висоті $h = 1600$ км – досить помітний максимум потужності коливань на частоті біля 1.5 МГц. Такі особливості коливань швидкості добре описуються тривимірною динамічною моделлю атмосфери Сонця. (Костик Р.І.)

Знайдено, що контраст у центрі лінії CaII H 396.8 нм сильно залежить від напрямку розповсюдження звукових хвиль в атмосфері Сонця та величини зсуву фаз між коливаннями швидкості на різних висотах (т. зв. VV зсуви фаз). Хвилі, які розповсюджуються з фотосфери в хромосферу збільшують контраст центральної інтенсивності лінії CaII H 396.8 нм, а хвилі, які рухаються у зворотному напрямку – зменшують цей контраст, і чим більший по абсолютній величині VV зсув фаз, тим більший їхній вплив на центральну інтенсивність цієї лінії. (Костик Р.І.)

Аналіз спостережень активної ділянки біля центра сонячного диска на німецькому вакуумному баштовому телескопі показав також, що контраст у центрі лінії CaII H 396.8 нм (на висоті $h = 650$ км) немонотонно збільшується з ростом напруженості фотосферного магнітного поля, як можна було очікувати із загальних міркувань. При потужних магнітних полях ($B > 140$ мТл) така залежність стає зворотною. Причина: починаючи з $B \sim 135$ мТл, VV зсув фаз зменшується по абсолютній величині, тобто, біжучі вгору хвилі менш ефективно переносять енергію з фотосфери в хромосферу і, як наслідок, контраст центральної інтенсивності лінії CaII H 396.8 нм зменшується. (Костик Р.І.)

Для в'ясування умов виходу нових маломасштабних магнітних потоків в активній області NOAA 11024 визначалися амплітуди та напівширини профілів Стокса V фотосферних ліній Fe I λ 630.15 нм, Fe I λ 630.25 нм, Fe I λ 630.35 нм і Ti I λ 630.38 нм. Для дослідження використано дані спектрополяриметричних спостережень з високим часовим та просторовим розділенням на франко-італійському сонячному

телескопі THEMIS (о. Тенерифе, Іспанія) 4 липня 2009 р. Встановлено, що профілі Стокса V фотосферних ліній були аномальними, їхні амплітуди та напівширини змінювалися під час виходу нових магнітних потоків.

У серпні 2022 року на сонячному диску спостерігалася незвичайна активна область NOAA 13088. Вона порушує закон Хейла, полярності її магнітного поля були повернуті на 90 градусів відносно полярностей інших активних областей. Проаналізовано її еволюцію з використанням даних позаземних обсерваторій. Магнітограми, зображення інтенсивності континууму, зображення Сонця в далекому ультрафіолетовому діапазоні забезпечені Обсерваторією Сонячної Динаміки (SDO). Рентгенівські дані були отримані на супутнику GOES. Встановлено, що структура області різко змінювалася з часом, збільшувалися кількість та площа плям. Змінювалася структура магнітного поля. В активній області відбулося багато спалахів та викидів, деякі з них були причиною порушення радіозв'язку. Активна область повернулася на диск Сонця 13 вересня. Конфігурація її магнітного поля спростилася. Однак через чотири доби кількість та площа плям збільшилися, зросла спалахова активність області. Розглянуто можливий механізм, що сприяє появі антихейлівської активної області NOAA 13088. Поява антихейлівських біполярних груп може бути пов'язана зі зміною режиму роботи турбулентного динамо в сонячній конвективній зоні (СКЗ). Великомасштабне магнітне поле в механізмі динамо супроводжується флуктуаційними магнітними полями, збуджуваними, у свою чергу, маломасштабним динамо в глибинах СКЗ. Тому під час спостережень на поверхні Сонця зазвичай реєструється суперпозиція регулярних і флуктуаційних тороїдальних полів. Флуктуаційний магнітний компонент, який орієнтований антипаралельно регулярному компоненту, може випадково стати настільки сильним, що величина його магнітної індукції перевищить величину магнітної індукції регулярного компонента. У результаті сумарне магнітне поле порушить закон полярності Хейла. Зроблено припущення, що поява антихейлівської активної області NOAA 13088 пов'язана із випадковими змінами режиму турбулентного динамо в СКЗ. Готується до друку стаття. (**Кондрашова Н.М.**)

Проведено визначення променевих швидкостей ($V_{\text{пром}}$) хромосферної речовини у всіх викидах, що розвинулися разом з бомбою Еллермана (БЕ) на ділянці активної області NOAA 11024 під час спостережень на франко-італійському сонячному телескопі THEMIS. Досліджено особливості їхнього утворення і розвитку. Виявлено, що на всіх спектрах викиди було видно в поглинанні як в довгохвильовому, так і в короткохвильовому крилі лінії $\text{H}\alpha$.

Досліджено зміни форми Стокса I профілів лінії $\text{H}\alpha$ в цій області. Виявлено, що вони значно відрізняються від профілю для незбуреної хромосфери. Профілі розширені – вони склалися з кількох компонент, які відповідали викидам. Під кінець спостережень з'явилося багато так званих двопелюсткових профілів. Тобто в цей час на невеликій площі близько 160–250 км (1–1,5 пікселя в спектрі) відбувалася різка зміна швидкості і напрямку руху хромосферної речовини – два протилежно спрямовані потоки могли існувати поруч.

Проаналізовано зміни швидкості $V_{\text{пром}}$ і напрямку руху хромосферної речовини у викидах, а також те, як змінювалася $V_{\text{пром}}$ уздовж поперечного розрізу викидів у місці їхньої максимальної інтенсивності. Виявлено, що деякі викиди в області

NOAA 11024 складалися з одного струменя, а деякі – з двох або трьох струменів, оскільки темні деталі було видно в крилах і ядрі лінії H α .

Досліджено утворення системи аркових волокон (САВ) в області NOAA 11024, так звана Arch Filament System, під H α -викидами якої розвивалася бомба Еллермана. Також проаналізовано, чи пов'язані процеси еволюції САВ та фази розвитку БЕ. Виявлено, що вигляд ділянки дуже змінювався від одного спостереження до іншого – розвивалася БЕ, з'являлися нові викиди. Це було наслідком того, що на ділянці виходили нові магнітні петлі, які взаємодіяли з уже існуючим магнітним полем або з сусідніми магнітними петлями, і відбувалися процеси магнітних перез'єднань. Ці перез'єднання можуть відігравати важливу роль в енергетичному балансі сонячної хромосфери, вони ефективно допомагають інжектувати щільну плазму у верхні шари атмосфери та можуть бути причиною розігріву корони. **(Пасечник М.М.)**

Зібрані значення індексу стиснутості для 69 затемнень 1851–2020 рр. і досліджено їхній зв'язок із параметрами циклу сонячної активності. Індекс фотометричної стиснутості як кількісна характеристика форми сонячної корони, спостереженої під час повних сонячних затемнень, був запропонований Людендорфом у 1930-х рр. Величина індексу стиснутості змінюється приблизно від 0.3–0.4 у мінімумі циклу активності до 0.0–0.1 – у максимумі. Індекс корелює із відносним числом сонячних плям і фазою сонячного циклу. Коефіцієнт кореляції між індексом стиснутості і добовим, місячним і місячним згладженим числом сонячних плям становить відповідно -0.577 ($p < 4 \cdot 10^{-7}$), -0.595 ($p < 8 \cdot 10^{-8}$) і -0.598 ($p < 7 \cdot 10^{-8}$), а між індексом стиснутості і фазою циклу Φ для періоду росту і спаду сонячного циклу – відповідно -0.759 ($p < 5 \cdot 10^{-6}$), і 0.660 ($p < 2 \cdot 10^{-6}$). **(Пішкало М.І.)**

2.2. Участь у виконанні конкурсної тематики

Тема № 449Жт. Дослідження хвильових процесів в атмосферах Землі та Сонця. Супровід Програми. Розділ «Дослідження довготривалих змін коливань Сонця та квазидворічних осциляцій»

Керівник теми: с.н.с. відділу фізики Сонця, к. ф.-м. н. Осіпов С.М.

Тема фінансується НАН України.

За результатами досліджень довготривалих змін акустичних коливань Сонця показано, що потужності p - і NIPs-мод змінюються з циклом сонячної активності і добре корелюють між собою, а також із змінами чисел Вольфа. При цьому потужності NIPs-мод більш чутливі до короткострокових змін сонячної активності. Спостережені особливості можна інтерпретувати як змінами з часом характеру відбивання акустичних хвиль в атмосфері, так і змінами умов розповсюдження цих хвиль в атмосфері і в надрах Сонця. **(Осіпов С.М.)**

За результатами досліджень квазидворічних осциляцій Сонця надійно встановлено існування періодів близько одного року в різних проявах активності Сонця. Загалом використано ряди даних про кількість сонячних плям упродовж 18–24 сонячного циклів, а також ще 8 різноманітних рядів даних індексів сонячної активності. Такі довготривалі спостереження є дуже важливими для розуміння природи та змін глобального магнітного поля Сонця та впливу сонячної активності на космічну погоду у навколосезному середовищі. Отриманий висновок цілком відповідає попереднім результатам досліджень різних сонячних, міжпланетних та

геомагнітних показників активності. Проте, поки що немає задовільних пояснень походження знайдених періодичностей. (Васильєва І.Е.)

2.3. Участь у виконанні цільової тематики

Тема № 379Ц. Дослідження фундаментальних фізичних та астрономічних процесів обраних об'єктів Всесвіту та перспективи практичного використання астроінформації.

Розділ: Дослідження Сонця і сонячної активності у 2022 р.

Керівник розділу: с.н.с., к.ф.-м.н. Пішкало М.І.

Для 29 затемнень 1976–2020 рр. досліджено зв'язок індексу стиснутості із характеристиками магнітного поля Сонця. Зроблено висновок, що глобальне магнітне поле Сонця (переважно його дипольна складова) визначає спостережену форму сонячної корони, а, отже, і величину індексу стиснутості. Отримано, що індекс стиснутості корелює із спостереженою напруженістю полярного магнітного поля Сонця (коефіцієнт кореляції становить 0,796, $p < 5 \cdot 10^{-7}$) і знаходиться в сильній негативній кореляції з нахилом геліосферного струмового шару (к.к. дорівнює $-0,803$, $p < 2 \cdot 10^{-7}$ і $-0,820$, $p < 7 \cdot 10^{-8}$ для випадку класичного і радіального нахилу, відповідно). Індекс стиснутості також знаходиться в помірній негативній кореляції із загальним фотосферним магнітним потоком і має тенденцію бути вищим у мінімумах сильніших сонячних циклів. (Пішкало М.І.)

Розділ: Когерентне розсіяння поляризованого випромінювання в крилах хромосферних резонансних дублетів.

Керівник розділу: н.с., к.ф.-м.н. Сухоруков А.В.

Було завершено моделювання параметрів Стокса I , Q , U в крилах дублету Mg II k&h за допомогою розроблених модулів для чисельного коду PORTA. Досліджено синтетичні зображення поверхні моделі атмосфери, варіації центр-край для різних спостережних розподілів та синтетичні профілі ліній. Визначено роль наступних поляризаційних ефектів: маломасштабні порушення симетрії на неоднорідностях атмосфери, великомасштабні порушення симетрії в варіаціях «центр-край», розсіяння з ЧПЧ та квантова інтерференція у верхньому термі дублету, магніто-оптичне обертання площини поляризації в крилах дублету. Також зроблено приведення синтетичних даних до обмеженого розділення телескопа та спектрографа приладу CLASP-2 з метою відтворення спостережень. За результатами дослідження подано одну статтю по дослідженню ефектів без магнітного поля, готується друга стаття з урахуванням ефектів магнітного поля і планується третя з описом процедури редукції моделювань до спостережень. (Сухоруков А.В.)

2.4 Виконання завдань відомчої тематики в лабораторії швидкоплинних процесів у зорях

Тема № 425В. Дослідження швидкої змінності і хвильових процесів у небесних тілах

Керівник теми: зав. лабораторії швидкоплинних процесів у зорях (ШПЗ), д.ф.-м.н. Жиляєв Б.Ю.

Тема фінансується НАН України

Проводилося налаштування та програмування спектрографа ALPY-600 на телескопі ДША.

Створено приватну обсерваторію для спостереження космічних вторгнень. Обсерваторія, яка створена за власний рахунок Лабораторії, складається з двох метеорних станцій, здатних працювати у двомісному режимі із синхронізацією спостережень до 1 мілісекунди UTC.

Розроблено хайтек-технологія спостережень, що дозволила отримати низку нових оригінальних результатів. Нова технологія дозволяє спостерігати космічні вторгнення на денному небі, метеори, супутники, Unidentified Aerial Phenomena.

Отримано низку нових результатів з фізики метеорів. Виявлено нове астрономічне явище – космічні об'єкти, що рухаються на висотах понад 600 км зі швидкостями у десятки та сотні км/сек.

Виконано аналіз спалахів на двійній системі RS CVn BY Cam. Проведено спектрокопію транзитного гарячого Юпітера HAT-P-1b.

(Жиляєв Б.Ю., В. Петухов В.М., Решетник В.М., Похвала С.М., Верлюк І.А.)

Деталі, див. окремий файл Lab_SHPZ_2022_year_report.docx

3. Характеристика координаційної діяльності відділу

Міжнародне наукове та науково-технічне співробітництво.

Теми № 352В, 379Ц проводяться у тісній співпраці з Інститутом Астрофізики на Канарських островах (Instituto de Astrofísica de Canarias, Тенеріфе, Іспанія) за тематикою “Сонячний магнетизм та спектрополяриметрія”).

Щукіна Н.Г. – учасниця міжнародного проекту "POLMAG: Polarized Radiation Diagnostics for Exploring the Magnetism of the Outer Solar Atmosphere" (Advanced Grant H2020-ERC-ADG 742265 Європейської дослідницької ради ERC).

Тема 352В проводиться також у співпраці зі співробітниками Астрономічної обсерваторії Київського університету та Астрономічної обсерваторії Львівського університету.

Тема 449кТ проводиться у співпраці з Інститутом Космічних Досліджень НАНУ.

Сухоруков А.В. перебуває в тимчасовому від'їзді в Інституті Астрофізики на Канарських островах (Instituto de Astrofísica de Canarias, Тенеріфе, Іспанія) для наукової роботи.

Хоменко О.В. працює у відділі на громадських засадах. У даний час перебуває у від'їзді в Інституті Астрофізики на Канарських островах. Вона – науковий керівник міжнародного (2018–2023 рр.) проекту «Partial Ionisation: Two-fluid Approach» (т.зв. ERC advanced grant Європейської Дослідницької Ради).

Щукіна Н.Г.:

– член МАС;

– входить до керівництва відділення Е «Sun and Heliosphere» Міжнародного Астрономічного Союзу (МАС) та відділення G «Зорі і зоряна астрофізика» («Stars and Stellar Astrophysics») МАС;

– член Європейського Астрономічного Союзу (ЄАС);

- асоційований член Міжнародної комісії по космічному співробітництву (COSPAR) та член Української астрономічної Асоціації;
- член Спеціалізованої вченої ради ГАО НАН України із захисту дисертацій;
- член редколегії українського наукового журналу «Kinematics and Physics of Celestial Bodies» (Київ, Україна);
- член редколегії українського наукового журналу «Advances in Astronomy and Space Physics» (Київ, Україна).

Костик Р.І.:

- член МАС;
- член редколегії наукового журналу “Serbian Astronomical Journal” (Сербія);
- член редколегії українського наукового журналу «Kinematics and Physics of Celestial Bodies» (Київ, Україна).
- українського журналу «Журнал фізичних досліджень» (Львів, Україна);
- заступник голови Спеціалізованої вченої ради ГАО НАН України із захисту дисертацій.

Жиляєв Б.Ю.:

- член МАС.

Кондрашова Н.М.:

- член МАС.

Чорногор С.М.:

- член МАС.

4. Інформацію про конференції, семінари, з’їзди, в яких відділ/лабораторія виступила як організатор або співорганізатор
Не проводили

Інформація про заплановані на 2022 рік заходи, в яких відділ/лабораторія є організатором або співорганізатором, за схемою:

Назва	Дата проведення	Місце проведення	Перелік співорганізаторів	Посилання на веб-сайт інституту або конференції
Немає				

5. Створення та використання об’єктів права інтелектуальної власності

ФОРМА VII-2

Договори на використання об’єктів права інтелектуальної власності

№ № п/п	Вид договору (згідно з п.3 додатку VII -1), назва розробки	Номер охоронного документа (якщо є)	Фірма-ліцензіат, країна; дата укладання договору; строк дії	Примітки
	Немає			

ФОРМА VII-3

• Заявки щодо видачі охоронних документів

№№ п/п	Вид об’єкту права інтелектуальної власності, на який подається заявка	Номер заявки	Заявник(и)	Примітки

	(винаходи, корисні моделі, промислові зразки, сорти рослин, торговельні марки)			
	• Немає	•	•	•

• Рішення щодо видачі охоронних документів

- інші договори на передачу технологій за формами VII -2 та VII -3, 4, що додаються.

Немає

6. Навести перелік опублікованих (а не тих, що вийдуть або майже вийшли) статей та ін. відділу та лабораторії за Формою VIII-1

Форма VIII-1

Загальні показники відділу/лабораторії

Монографії		Підруч-ники, навчальні посібники, кількість	Довідни-ки, науково-популярна літерату-ра, кількість	Опубліко-вані брошури, рекоменда-ції, методики, кількість	Статті, кількість				Тези, кіль-кість
Кіль-кість	Обсяг (обл.-вид. арк.)				у вітчизня-них виданнях	у зарубі-жних видан-нях	у препри-нтах	у наук, фах журн (вітч і заруб), що входять до міжнарод баз даних	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
—	—	—	—	—	4	8	—	12	6

Книги або монографії – немає

ФОРМА VIII-4

Публікації установи у виданнях, які індексуються у міжнародних наукометричних базах даних

Вид публікації	Публікація	Код бюджетної програми, в межах якої підготовлена публікація	Наукомет-рична база даних, в якій проіндексо-вано журнал	Квартіль наукового журналу (Q) для статей	Адреса публікації
Зазначити вид публікації (монографія, підручник, збірник наукових праць, науково-популярне видання, стаття тощо) стаття	Вказати авторів та назву публікації мовою оригіналу <i>Pishkalo M.I. Flattening Index of the Solar Corona and</i>	6541030	SCOPUS	Q2	Вказати адресу (DOI або URL) публікації в інтернеті DOI: https://doi.org/10.1007/s11

стаття	the Sun's Magnetic Field. – Solar Physics, 2022, Vol. 297, id. 40, p.40-55	6541030	SCOPUS	Q4	207-022-01973-y DOI: https://doi.org/10.15407/kfnt2022.01.071
стаття	Shchukina N.G., Kostyk R.I. Results of observaion of waves motions in the Solar facula // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. – 2022. – Vol. 38, № 1, p. 71-89.	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.14708
стаття	Vasilieva I., Zharkova V. Terrestrial volcanic eruptions and their association with solar activity // 2022. - arXiv:2203.03637 [astro-ph.SR] Bibcode: 2022arXiv220303637V	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.03637
стаття	Zharkova V., Vasilieva I., Shepherd S.J., Popova E. Comparison of solar activity proxies: eigen vectors versus averaged sunspot numbers // 2022.- arXiv:220714708Z [astro-ph.SR] Bibcode: 2022arXiv220714708Z	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.15407/knit2022.04.039
стаття	Golubaev A.V., Gorbanev YU.M., Shulga O.V., ... Zhilyaev B.E. (17 authors). Creation of the Ukrainian meteor observation network: instruments, methods for processing, observating possibilities // Space Science and Technology (Kosmichna Nauka i Tekhnologiya) . – 2022. – Vol. 28 (4), p. 39-70. Bibcode: 2022KosNT..28d..39G	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.11059
стаття	Markus Y.S., Zhilyaev B.E. Optical Flare Search on the RS CVn-type flare stars AR Lacertae // 2022 - arXiv:2204.11059 [astro-ph.SR] Bibcode: 2022arXiv220411059M	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.11803
стаття	Zhilyaev B.E., Andreev M.V., Pokhvata S.N., Verlyuk I.A. Detection of C2, CN and CH radicals in the spectrum of the transiting hot Jupiter HAT-P-1b // 2022 - arXiv:2202.11803[astro-ph.EP] Bibcode: 2022arXiv220211803Z	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.11215
стаття	Zhilyaev B.E., Petukhov V.N., Reshetnyk V.M. Unidentified aerial phenomena I. Observations of	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.11215

стаття	events // 2022 - arXiv:2208.11215 [astro-ph.IM] Bibcode: 2022arXiv220811215Z Zhilyaev B.E., Petukhov V.N., Reshetnyk V.M. Unidentified aerial phenomena II. Evaluation of UAP properties // 2022 - arXiv:2211.17085 [physics.pop-ph] Bibcode: 2022arXiv221117085Z	6541030	https://ui.adsabs.harvard.edu	Q4	DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.17085
стаття	Lozitsky V.G., Osipov S.M., Stodilka M.I. Comparative study of spectral lines with different Lande factors observed in sunspots // Journal of Physical Studies. – 2022. – Vol. 26, No. 4. - 25 p.	6541230	SCOPUS	Q4	DOI: https://doi.org/10.30970/jps.26.3901

7. Міжнародне наукове та науково-технічне співробітництво відділу

1) Прямі зв'язки з закордонними партнерами (к-ть): угоди – 0

6 співробітників відділу прийняли участь у 6 міжнародних конференціях.

2). **Навести зведені статистичні дані про міжнародну діяльність установи за формою IX -1**

ФОРМА IX-1 Статистичні дані щодо міжнародного співробітництва від./лаб.

Форма IX-1

Статистичні дані щодо міжнародного співробітництва

Назва установи, що звітує: Відділ фізики Сонця ГАО НАН України

Проводила роботу по темах		Віізди за кордон		Прийнято закордонних вчених та спеціалістів	Прямі зв'язки з закордонними партнерами (кількість)			Участь у роботі міжнародних конференцій, симпозіумів, семінарів тощо		Участь у роботі міжнародних організацій комісій, редакцій тощо	Лекційна діяльність за кордоном	Міжнародні відзнаки українських учених
Загальна кількість	Почато в 2021 р.	Загальна кількість виїздів	Загальна кількість осіб		Угоди	Спільні лабораторії	Спільні групи	За кордоном	В Україні			

1 Тема № 352В	...	3	3	0	0	0	1	6 конфе- ренцій 9 допо- відей	2 конфе- ренції 6 допо- відей	10	1	Немає
------------------------	-----	---	---	---	---	---	---	--	--	----	---	-------

- ✓ 3) Навести відомості про отримання грантів міжнародних і зарубіжних організацій за формою ІХ-2. Окремо зазначити прямі двосторонні зв'язки з країнами-членами ЄС. Навести дані про участь установи у міжнародних програмах (повна та скорочена назва програми українською та англійською мовами, умови та форми участі, результати та перспективи). ФОРМА ІХ-2

Відомості про гранти міжнародних та зарубіжних організацій
Грантів немає

- 4) Детальні дані щодо тематики співробітництва з зарубіжними партнерами (окремо по кожній країні) викласти за формою ІХ-3. ФОРМА ІХ-3

Дані щодо тематики співробітництва з зарубіжними партнерами

Країна-партнер (за алфавітом)	Установа-партнер	Тема співробітництва	Документ, в рамках якого здійснюється співробітництво, термін його дії	Практичні результати та публікації
Іспанія	Інститут Астрофізики на Канарських островах (Instituto de Astrofísica de Canarias IAC) Науковий керівник: Член Вищої Ради з наукових досліджень Іспанії, проф., д-р Хав'єр Трухільо Буєно (Javier Trujillo Bueno, IAC).	сонячна спектрополяриметрія, перенос поляризованого випромінювання, корональна магнітометрія	проект "POLMAG: Polarized Radiation Diagnostics for Exploring the Magnetism of the Outer Solar Atmosphere" (Advanced Grant H2020-ERC-ADG 742265 Європейської дослідницької ради ERC) 2018 – 2023 pp. http://www.iac.es/provecto/polmag/ .	Дослідження замагніченої плазми Сонця та зір шляхом діагностики параметрів Стокса. Щукіна Н.Г., Костик Р.І. Результати спостережень хвильових рухів в сонячному факелі // Кінематика і фізика небесних тіл. – 2022. – том 38, № 1, С. 49-60. DOI: https://doi.org/10.15407/kfnt.2022.01.071 S. H. Dayananda, A. de Vicente Garrido, N. Shchukina, T. del Pino Aleman, J. Trujillo Bueno. P-CORONA: A new forward modelling code to study the polarization of solar coronal lines. Contributed talk. https://spw10.sakura.ne.jp/wp/ Solar Polarization Workshop 10, Japan, Kyoto, November 7 – 11, 2022 Shchukina N. Polarized Radiation Diagnostics for Exploring the Magnetism of the Outer Solar Atmosphere

				(POLMAG). Contributed talk //22-th Gamow Conference “Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, astroparticle physics, radio astronomy and astrobiology” Ukraine, Odessa, August 22 – 26, 2022
--	--	--	--	--

Кадри.

У відділі (включаючи лабораторію швидкоплинних процесів у зорях – ШПЗ) 14 працівників, зокрема 8 кандидатів і 3 доктори наук. Н.с., канд. фіз.-мат. наук Хоменко О.В. працює у відділі на громадських засадах.

Заключна частина.

Запланований об’єм робіт відділ виконав повністю. Відділ інтегрувався в європейську наукову спільноту. Співробітники відділу мають можливість відвідувати передові європейські інститути, брати участь у міжнародних конференціях, отримувати спостережний матеріал на потужних сонячних телескопах. Після вдосконалення апаратурно-програмного комплексу телескопа Ернеста Гуртовенка (АЦУ-5) та створення приватної обсерваторії для спостереження космічних вторгнень виконано великий обсяг спостережень.

На жаль, **катастрофічне** скорочення фінансування фундаментальної науки та війна в Україні створює багато серйозних проблем. Молодь втрачає інтерес до наукових досліджень через низькі зарплати, відсутність житла, фінансові проблеми із відраженнями, публікаціями за кордоном і т.п. Зокрема, спостереження на телескопі ДША неможливо організувати при зарплаті 4000 грн. на місяць. Від’їзд молоді до зарубіжних інститутів після початку війни ще більше посилює проблеми з наукою в Україні.

ДОДАДОК

Вийшло з друку:

Статті

1. **Pishkalo M.I.** Flattening Index of the Solar Corona and the Sun’s Magnetic Field. – Solar Physics. – 2022. – Vol. 297. –Id. 40, p.40–55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11207-022-01973-y>.
2. **Щукіна Н.Г., Костик Р.І.** Результати спостережень хвильових рухів в сонячному факелі // Кінематика і фізика небесних тіл. – 2022. – Том 38, № 1. – С. 49–60. DOI: <https://doi.org/10.15407/kfnt2022.01.071>
3. **Lozitsky V.G., Osipov S.M., Stodilka M.I.** Comparative study of spectral lines with different Lande factors observed in sunspots // Journal of Physical Studies. – 2022. – Vol. 26, No. 4. – 25 p. DOI: [10.30970/jps.26.4902](https://doi.org/10.30970/jps.26.4902)

4. *Zharkova V., Vasilieva I., Shepherd, S.J., Popova, E.* Comparison of solar activity proxies: eigen vectors versus averaged sunspot numbers // 2022.- [arXiv:220714708Z](https://arxiv.org/abs/2207.14708) [astro-ph.SR] Bibcode: 2022arXiv220714708Z <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.14708>
5. *Vasilieva I., Zharkova V.* Terrestrial volcanic eruptions and their association with solar activity // 2022. - [arXiv:2203.03637](https://arxiv.org/abs/2203.03637) [astro-ph.SR] Bibcode: 2022arXiv220303637V <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.03637>
6. *Пасечник М.М.* Дослідження зв'язку між бомбою Еллермана і На-сържами // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Астрономія. – 2021. – 2(64). – С. 5–12. (стаття вийшла восени 2022 р.)
7. *Кондрашова Н.М.* Спільні дослідження сонячних спалахів в АО КНУ і ГАО НАНУ // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Астрономія. – 2021. – 2(64). – С. 13 – 20. (вийшла восени 2022 р.).
8. *Golubaev A.V., Gorbanev YU.M., Shulga O.V., ... Zhilyaev B.E.* (17 authors). Creation of the Ukrainian meteor observation network: instruments, methods for processing, observing possibilities // Space Science and Technology (Kosmichna Nauka i Tekhnologiya). – 2022. – Vol. 28 (4). – P. 39–70. Bibcode: 2022KosNT..28d..39G <https://doi.org/10.15407/knit2022.04.039>
9. *Markus Y.S., Zhilyaev B.E.* Optical Flare Search on the RS CVn-type flare stars AR Lacertae // 2022 - [arXiv:2204.11059](https://arxiv.org/abs/2204.11059) [astro-ph.SR] Bibcode: 2022arXiv220411059M <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.11059>
10. *Zhilyaev B.E., Andreev M.V., Pokhvala S.N., Verlyuk I.A.* Detection of C2, CN and CH radicals in the spectrum of the transiting hot Jupiter HAT-P-1b // 2022 - [arXiv:2202.11803](https://arxiv.org/abs/2202.11803)[astro-ph.EP] Bibcode: 2022arXiv220211803Z <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.11803>
11. *Zhilyaev B.E., Petukhov V.N., Reshetnyk V.M.* Unidentified aerial phenomena I. Observations of events // 2022 - [arXiv:2208.11215](https://arxiv.org/abs/2208.11215) [astro-ph.IM] Bibcode: 2022arXiv220811215Z <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.11215>
12. *Zhilyaev B.E., Petukhov V.N., Reshetnyk V.M.* Unidentified aerial phenomena II. Evaluation of UAP properties // 2022 - [arXiv:2211.17085](https://arxiv.org/abs/2211.17085) [physics.pop-ph] Bibcode: 2022arXiv221117085Z <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.17085>

Список наукових праць, які подані до друку в 2022 р.

1. *Sukhorukov A.V., Trujillo Bueno J., Belluzzi L.* Scattering Polarization in the Wings of Mg II k&h Lines. I. Three-dimensional Radiative Transfer in Unmagnetized Solar Atmosphere // The Astrophysical Journal – 2022.
2. *Костик Р.І.* Сонячні факелі та флокули: спостереження // Кінематика і фізика неб. тіл – 2022.
3. *Пішкало М.І.* Індекс фотометричної стиснутості сонячної корони у циклі сонячної активності // Кінематика і фізика неб. тіл – 2022.
4. *B.E. Zhilyaev, M.V. Andreev, Y. S. Markus, I.A. Verlyuk.* Observations of Flares on the RS CVn Binary BY Cam – 2022.

5. *Zhilyaev B.E., Petukhov V.N., V.M. Reshetnyk V.M.* Unidentified aerial phenomena. Properties of bright objects // Kinematics and Physics of Celestial Bodies – 2022.

Публікації конференцій

1. *Lozitsky V.G., Osipov S.M., Stodilka M.I.* Search for super strong magnetic fields in sunspots using spectral lines with various Lande factors, // International Conference "Astronomy and Space Physics" in Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 18–21 October 2022, Kyiv, Ukraine. Book of abstracts, p. 64–65.
2. *Kondrashova N.M., Krivodubskij V.N.* International Conference "Astronomy and Space Physics" in Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 18–21 October 2022, Kyiv, Ukraine. Book of abstracts, p. 59–60.
3. *Pasechnik M.N.* The dynamical features of a solar surges in an emerging flux region // International Conference "Astronomy and Space Physics" in Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 18–21 October 2022, Kyiv, Ukraine. Book of abstracts, p. 66–67.
4. *Zharkova, V., Shepherd, S., Vasilieva, I., Popova, E.* Grand minimum of solar magnetic field and its links with the solar and terrestrial activity features. // 44th COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July 44, 2022, Abstract D2.6-0009-22, p.1558. <https://www.cosparathens2022.org/>. Bibcode: 2022cosp...44.1558Z
5. *Zharkova V.V., Vasilieva, I., Shepherd S.J., Popova E.* Comparing Eigen Vectors of Solar Magnetic Field with Solar Activity Index // Abstracts Book. Fourteenth Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", Primorsko, Bulgaria, June 06–10, 2022. p.9.
6. *Vasilieva I., Zharkova V.* Terrestrial Volcanic Eruptions and Their Link with Solar Activity // Abstracts Book. Fourteenth Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", Primorsko, Bulgaria, June 06–10, 2022 p.24

Доповіді на конференціях

Solar Polarization Workshop 10 Japan, Kyoto November 7 – 11, 2022

S. H. Dayananda, A. de Vicente Garrido, N. Shchukina, T. del Pino Aleman, J. Trujillo Bueno. P-CORONA: A new forward modelling code to study the polarization of solar coronal lines. Contributed talk. <https://spw10.sakura.ne.jp/wp/>

Sukhorukov A.V., Trujillo Bueno J., & the CLASP2 team, 3D RT Modeling of the Scattering Polarization in the Wings of Mg II h&k (on-line poster).

Астроосінь в Голосієво.

Наукові читання, присвячені основним досягненням світової астрономічної науки та астрономічних установ України.

Україна, Київ
25 жовтня 2022 р.

Щукіна Н.Г. Сьогоднішня та найближче майбутнє сонячної фізики. Invited talk.

**Astronomy and Space Physics in the Kyiv University. International Conference
October 18–21, 2022
Ukraine, Kyiv**

V.G. Lozitsky, S.M. Osipov, M.I. Stodilka. Search for superstrong magnetic fields in sunspots using spectral lines with various Lande factors.

Kondrashova N.M., Krivodubskij V.N. Unusual solar active region.

Pasechnik M.N. The dynamical features of a solar surges in an emerging flux region.

V.V. Zharkova, I. Vasilieva, S.J. Shepherd, E. Popova. Comparison of solar activity proxies: eigen vectors versus averaged sunspot numbers.

R. Kostyk, N. Shchukina. Observations of wave motions in the solar facula.

**22-th Gamow Conference
“Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, astroparticle
physics, radio astronomy and astrobiology”
Ukraine, Odessa
August 22 – 26, 2022**

Shchukina N. Space and ground-based study of the sun now and in near future. Invited talk. <http://gamow.odessa.ua/>

Shchukina N. Polarized Radiation Diagnostics for Exploring the Magnetism of the Outer Solar Atmosphere (POLMAG). Contributed talk.

S. Osipov, N. Shchukina, R. Kostik, M. Pishkalo. Long-Term Monitoring of the Quiet Sun. Contributed talk.

**44th COSPAR Scientific Assembly
Greece, Athens
July 16 – 24, 2022**

Zharkova, V., Shepherd, S., Vasilieva, I., Popova, E. Grand minimum of solar magnetic field and its links with the solar and terrestrial activity features. <https://www.cosparathens2022.org/>

**Cambridge Workshops of Cool Stars, Stellar Systems and the Sun
France, Toulouse
July 4 – 9, 2022**

Kostik R.I., Shchukina N.G. Properties of sound wave propagation in the solar facula. Poster. <https://coolstars21.github.io/abstracts.html>

European Astronomical Society Annual Meeting
Spain, Valencia
27 June – 1 July 2022

N. Shchukina, S. Osipov, R. Kostik, M. Pishkalo. Changing of the quiet solar photosphere with the 11-year cycle. Contributed talk.

<https://eas.unige.ch/EAS2022/program.jsp>

Fourteenth Workshop
“Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”
Bulgaria, Primorsko
June 6 – 10

Vasilieva I., Zharkova V. Terrestrial Volcanic Eruptions and Their Link with Solar Activity.

Викладання

Сухоруков А.В. Курс “Техніка програмування” для магістрів-астрофізиків 2-го року навчання (осінній семестр 2022–2023 рр.), університет Ла Лагуни, Іспанія, 3 ECTS (30 годин лекцій + 45 годин практичних занять).

Жиляєв Б.Ю. Аспірантський курс: “Астрономічна спектрофотометрія” (7 практичних занять).

Популяризація науки

Васильєва І.Е. Було та й забуло ? Країна знань. 2022 / № 4-5, с. 9-14.

Костик Р.И. Науково-популярні зум-лекції “Всесвіт: звідки? Куди?” (12 лекцій).