

1. Грайзен К. Физика космических рентгеновских лучей, гамма-лучей и частиц высокой энергии. - М: 1975. 2. Bougeret J.L., Kaiser M.L., Kellogg P.J. et al. Waves: the radio and plasma waves investigation on the WIND spacecraft // Space Sci. Rev. –1995.– Vol. 71.– P. 231–263. 3. Cairns I.H., Knock S.A., Robinson P.A., Kuncic Z. The II solar radio bursts: theory and space weather implications // Space Sci. Rev. – 2003. – Vol.107.– P. 27–34. 4. Cliver E.W., Kahler S.W., Reames D.V. Coronal shocks and solar energetic proton events // Astrophys. J. – 2004. – Vol.605. – P. 902–910. 5. Forbush, S.E. The unusual cosmic-ray increases possibly due to charged particles from the Sun // Phys. Rev. – 1946.– Vol. 70. – P. 771–772. 6. Gopalswamy N., Yashiro S., Michalek G. et al. Interacting coronal mass ejections and solar energetic particles // Astrophys. J. – 2002. – Vol. 572. – P. 103–107. 7. Очелков Ю.П. Гелиодолготная зависимость интенсивности солнечных протонных событий // Геомагнетизм и аэрономия. – 1986. – Т.26, № 6. – С.1007–1009.

Надійшла до редколегії 20.06.11

УДК 523.98

В. Криводубський, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.,
В. Єфіменко, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.

ДОСЛІДЖЕННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ В АСТРОНОМІЧНІЙ ОБСЕРВАТОРІЇ КИЇВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ ВПРОДОВЖ ТРЬОХ СОНЯЧНИХ ЦИКЛІВ (1968–2011 РР.)

Присвячується пам'яті Павла Родіоновича Романчука

Описано проведені в Астрономічній обсерваторії Київського університету (в 1968–2011 рр.) дослідження активності Сонця і розроблені методи прогнозування основних характеристик сонячної активності з різною завбачливістю: параметрів 11-річних циклів, відносних чисел сонячних плям, спалахової активності та ін. Подано деякі результати прогнозування різних індексів сонячної активності, які використовувалися для потреб фундаментальної науки та різних галузей народного господарства.

Study of solar activity and developed methods for forecasting the basic characteristics of solar activity with different advance times (the 11 years cycle parameters, the relative numbers of sunspot, flare activity, et al.), fulfilled in the Astronomical Observatory of Kiev University (1968–2011), are described. Some of the prediction results of different indices of solar activity, which were utilized for the needs of fundamental science and various branches of the economics, are given.

Новий етап наукових досліджень. В 1972 р., коли директором Астрономічної обсерваторії Київського державного університету (АО КДУ) було призначено доц. П. Р. Романчука, розпочався новий етап наукової діяльності обсерваторії. З цього часу набули поширення дослідження природи циклічності сонячної активності, теоретичні і експериментальні вивчення магнітних полів і спалахів на Сонці, дослідження впливу сонячної активності та інших космічних факторів на зміни клімату та погодні явища [1]. З іменем Романчука П. Р. пов'язано початок систематичного прогнозування різних індексів сонячної активності. Зростання інтересу до вивчення впливу сонячної активності на геофізичні, біологічні та метеорологічні явища, необхідність вибору сприятливих періодів щодо радіаційної обстановки в навколосемному просторі при запуску космічних апаратів з людьми на борту висувають в цей час Астрономічну обсерваторію в коло провідних наукових центрів Радянського Союзу з досліджень закономірностей циклічності сонячної активності та сонячно-земних зв'язків, а також практичного прогнозування сонячної активності. З метою розуміння основних процесів, що викликають сонячну активність, в обсерваторії велось вивчення природи глобального та маломасштабного магнетизму, фізики сонячних спалахів, статистичних закономірностей виникнення та еволюції активних областей на Сонці та спалахової діяльності. Завдяки зусиллям Романчука П. Р. Держкомітет з науки і техніки СРСР і Рада Міністрів УРСР виділили Київському університету додаткові асигнування для розвитку сонячних досліджень. В АО КДУ було створено кілька нових наукових відділів, завдання яких полягало в дослідженні і прогнозуванні сонячної активності. На той час в структурі обсерваторії було п'ять сонячних відділів: фізики Сонця (завідувач відділу Яковкін М. А.), сонячної активності (Полупан П. М.), фізики спалахів (Курочка Л. М.), довгострокових прогнозів сонячної активності (Романчук П. Р.) і короткострокових прогнозів хромосферних спалахів (Тельнюк-Адамчук В. В.). На основі проведених досліджень було розроблено низку прогностичних методів, які використовувалися в оперативному прогнозуванні різних індексів сонячної активності для потреб фундаментальної науки та різних галузей народного господарства, в першу чергу, для космічної галузі.

В рамках Геліогеофізичної служби СРСР, в завдання якої входило забезпечення радіаційної безпеки польотів пілотованих космічних кораблів, в АО КДУ в 1974 р. було створено робочу групу з прогнозування сонячної активності, яка здійснювала оперативне прогнозування різних індексів сонячної активності на основі розроблених в обсерваторії методів (голова групи – Романчук П. Р., заступник голови – Криводубський В. Н., секретар – Земанек Є. М.). Науковцями відділів довгострокових прогнозів сонячної активності і короткострокових прогнозів спалахів було розроблено більше десяти наукових методів прогнозування актуальних індексів активності: чисел Вольфа (відносних чисел сонячних плям), сонячних спалахів, розвитку активних центрів на сонячному диску і тривалості існування груп плям (див. далі).

В 1975 р. на засіданні Бюро Ради "Сонячно-атмосферні зв'язки в прогнозах клімату" Астрономічну обсерваторію Київського університету було визнано головною установою по прогнозуванню сонячної активності в системі Ради, а Романчука П. Р. включено до складу Ради. В 1976 р. в Астрономічній обсерваторії відбулася радянсько-американська нарада з питань прогнозування сонячної активності, фізичних механізмів зв'язків сонячна активність – нижня атмосфера, обміну й використання сонячної і геофізичної інформації.

Довгострокові прогнози чисел Вольфа. З 1968 р. в АО КДУ (коли Романчук П. Р. керував тут невеликою науково-дослідною групою прогнозистів) розпочалося прогнозування одного з основних індексів сонячної активності – чисел Вольфа на різні часові проміжки і з різною завбачливістю (півмісяця і півроку).

Оперативне прогнозування розвитку декадного числа Вольфа. Метод базується на прогнозі тривалості існування і розвитку впродовж декади груп сонячних плям, спостережених на диску Сонця в день прогнозування, а

також прогнозі виходу рекурентних груп (довготривалих груп, які спостерігались у попередньому оберті Сонця) із за східного краю сонячного диску [2, 3]. Для розрахунку використовувались дані щоденних спостережень служби Сонця АО КДУ і Гірської астрономічної станції Головної астрономічної обсерваторії СРСР (ГАС ГАО), м. Кисловодськ, а саме: загальна площа групи плям, площа найбільшої плями в групі, Цюрихський клас групи, кількість центрів в групі. Спостереження сонячних плям в АО КДУ велося на хромосферно-фотосферному телескопі АФР-2, магнітні поля вимірювалися з допомогою магнітографа, змонтованого на горизонтальних сонячному телескопі. Спостерігачами Служби Сонця АО КДУ на той час були: Земанек Є. М., Сергеева Г. М., Стефанов А. П., Дяченко І. Г., Антонова Н. П., Редюк Т. І., Комарова (Зайцева) С. С., Удод Н. В., Нурдїна М. А., Єфіменко В. І., Бабій В. П., Пасечник С. В., Пасечник М. Н., Лейко У. М., Ярмоленко В. К. та ін. Для довгоживучих груп за даними спостережень АО КДУ враховувалися також магнітна напруженість плям (спостерігачі: Лозицький В. Г., Лозицька Н. Й.), характерний розмір і час існування невеликих плям групи (розрахунки Криводубського В. Н.). Для прогнозування повторної появи рекурентних груп використовувалися знайдені залежності тривалості існування груп від турбулентної електропровідності плазми в активному центрі. Турбулентна провідність визначалася за часом джоулевої дисипації магнітного поля короткоживучих плям у групі [2]. Починаючи з 1974 р., коли була створена робоча група, прогнози *числа Вольфа* складалися раз на тиждень (на засіданнях групи у вівторок) і оперативно відсилалися до Головного прогностичного центру Геліогеофізичної служби (Інституту прикладної геофізики Держкомгідромету СРСР, Москва). Середня справджуваність цього виду прогнозів за величиною складає $\approx 70\%$, а за фазою – близько 80% [4, 5].

Основні характеристики циклів 11-літніх сонячних (епохи максимуму і мінімуму циклів, значення чисел Вольфа в епохи максимуму і мінімуму, тривалість циклів) і *згладжені середньомісяцеві числа Вольфа*. Прогнозування здійснювалося з допомогою методу резонансних кривих, в основу якого була покладена розроблена Романчуком П. Р. планетна концепція резонансного характеру припливної дії планет на конвективну зону Сонця. Згідно з теорією Романчука П. Р. [6–15] під дією припливних і динамічних сил планет (Юпітера, Сатурна, Землі і Венери) відбуваються радіальні коливання конвективної зони і конвективних елементів, які супроводжуються резонансними явищами. Спливаючи на сонячну поверхню конвективні елементи збуджують магнітні поля, які спостерігаються на фотосферному рівні у вигляді біполярних груп плям. Кількість спостережених плям (числа Вольфа) служить основним індексом сонячної активності. Одержані емпіричні залежності кількості плям від дії планет було використано для розробки методів прогнозування основних характеристик 11-річних циклів та чисел Вольфа з різною завчасністю. Романчуком П. Р. було також розраховано *понад довготривалі прогнози згладженого ходу розвитку* (за числами Вольфа) 20–26-го циклів [16–20]. Крім того, в 1979 р. складено детальний прогноз флуктуацій чисел Вольфа на епоху максимуму 21-го циклу (1979–1982 рр.). Підсумки справджуваності прогнозів наведено в роботах Романчука П. Р. [19, 21–24].

Дослідження сонячної активності на сучасному етапі. Учні Романчука П. Р., опираючись на нові підходи до вивчення магнітної активності Сонця [25–28], продовжують дослідження закономірностей сонячної циклічності. В рамках моделі турбулентного $\alpha\Omega$ -динамо Криводубським В. Н. (у співавторстві з Черемнихом О. К. з Інституту космічних досліджень НАНУ-НКАУ) [29] запропоновано пояснення подовженої тривалості 23-го циклу, яка становила близько 13 років (замість очікуваного мінімуму нового 24-го циклу в 2007 р. він наступив тільки в 2009 р.). Було взято до уваги спостережені телескопічні дані щодо суттєвого зростання міжрічного модуля магнітних полів сонячних плям (приблизно на 300 Гс) на фазі росту 23-го циклу [30], яке сприяло магнітному пригніченню (зменшенню) величини параметра α -ефекту приблизно на 30%. Оскільки тривалість динамо-циклу обернено пропорційна квадратному кореню із величини параметра спіральності α -ефекту [28], то при зменшенні цього коефіцієнту розрахований період циклу збільшився приблизно в 1,2 рази в порівнянні з середньо статистичним значенням сонячних циклів 11 років і склав у відповідності до спостережень ≈ 13 років.

Із динамо-моделі сонячних циклів випливає, що величина полоїдального (меридіонального) поля магнітного поля в мінімумі циклу активності під впливом диференційного обертання визначає, яким буде тороїдальне (азимутальне) магнітне поле в наступному циклі [25, 26, 28, 31, 32]. Силкові лінії слабкого полоїдального поля, виходячи на сонячну поверхню, формують фонові магнітні поля, наочним проявом яких служать полярні поля. Значно сильніше глибинне тороїдальне поля при спливанні визначає активність плямоутворення, від якої залежить число Вольфа. Тому величину спостереженого полярного поля в мінімумі сонячного циклу можна використати як передвісника величини наступного максимуму активності сонячних плям за числами Вольфа. Крім того, згідно спостережень виглядає так, що кількість полярних факелів, площа корональних дїр, характеристики сонячної корони в мінімумі циклу також впливають на максимум активності наступного циклу. На основі аналізу часових кореляційних зв'язків між різними параметрами сонячних циклів 1–23 [33], а також на основі даних про полярне магнітне поле Сонця і форму сонячної корони в мінімумі 23-го циклу, Пішкало М. І. [34] розрахував основні характеристики 24-го циклу. Максимум нового циклу очікується в кінці 2013 р. – на початку 2014 р., число Вольфа (в одиницях згладженого місячного відносного числа плям) в цей час досягатиме значень 88 ± 17 , а тривалість циклу буде близькою до середньостатистичної – 11.3 ± 1.1 років.

Короткострокові прогнози сонячних спалахів. Після створення в АО КДУ робочої групи (1974 р.) одночасно з прогнозами чисел Вольфа розпочалося *оперативне кількісне прогнозування спалахів різних балів із завчасністю від одного до семи днів*. В основу методик прогнозування було покладено отримані в АО КДУ результати статистичної обробки залежності спостереженого середньодобового числа спалахів (різних балів) від Цюрихських класів груп плям; розмірів конвективних елементів (які визначалися за найбільшою відстанню між плямами протилежної полярності в біполярній групі плям); середнього числа центрів в групі плям за час її проходження по диску Сонця і від величини загальної площі в максимумі розвитку групи [35, 36]. При дослідженні кореляційних зв'язків між указаними характеристиками плям і спалахами різних балів спостережені дані про групи плям було взято з каталогу сонячної діяльності [37] і роботи [38], а про спалахову активність – із каталогу спалахів [39]. На основі отриманих закономірностей склалися оперативні прогнози спалахової активності. Вихідним матеріалом для прогнозування слугували дані щодо груп сонячних плям, отримані зі щоденних спостережень Служби Сонця АО КДУ і ГАС ГАО. Прогнози склалися раз на тиждень на засіданнях робочої групи (для кожної спостереженої в день прогнозування групи сонячних плям – на тиждень

наперед або на час тривалості існування чи спостереження групи) і оперативно відсилалися до Інституту прикладної геофізики (Москва). Розраховані прогнози порівнювалися з оперативними даними спостережень спалахів, які щоденно надходили по телетайпу в АО КДУ по коду GEOALERT, а також з результатами спостережень спалахів, що публікувалися в каталогах "Solar Geophysical Data" (Boulder, Colorado, U.S. Department of Commerce)". Для періоду найбільш повної інформації щодо спостережених спалахів (1977–1979 рр.) справджуваність складених в АО КДУ прогнозів субспалахів і спалахів балу 1 становила відповідно 60 % і 80 % [1, 36].

Крім того, за інтервалом передісторії два-чотири дні математичними методами здійснювалось *щоденне короткострокове (на кілька днів наперед) прогнозування спалахів* для кожної активної ділянки, яка спостерігалася на Сонці в день прогнозування [40–42]. Було розроблено кілька алгоритмів, в яких прогноуюча функція кількості спалахів будувалась у вигляді функції багатьох змінних. Як вихідні дані використовувались характеристики сонячних груп плям за попередній період їх розвитку: площа групи і число плям в ній, клас групи за Цюрихською класифікацією, магнітний клас групи, число спалахів в групі за минулу добу, тривалість існування, бал і площа кожного спалаху. Крім того, враховувалось положення груп плям відносно границь секторної структури великомасштабного фотосферного магнітного поля. З цих вихідних даних було створено 28 параметрів, які містили в собі вихідні дані і похідні від них. Дані про групи сонячних плям брались із каталогу сонячної діяльності [37], а про спалахи – із каталогу "Solar Geophysical Data" і каталогу [43]. Було знайдено, що для якісних прогнозів оптимальний період передісторії становить два дні. Розроблені алгоритми було використано для оперативного прогнозування спалахової активності на кілька днів наперед. Справджуваність завбачень становила 70–90 %.

В 1976 р. було розпочато *прогнозування місячного числа спалахів з завчасністю півмісяця*. Для цього було використано результати дослідження залежності числа спалахів від кількості активних ділянок на Сонці і стадії їх розвитку [44, 45].

Надсилання складених прогнозів. Спочатку прогнози сонячної активності надсилалися на адресу Ради "Сонце-Земля" Астрономічної ради СРСР (Москва) і в Інститут земного магнетизму, іоносфери і розповсюдження радіохвиль Академії наук (ІЗМІРАН) СРСР (м. Троїцьк Московської обл.). З 1974 р. всі оперативні прогнози сонячної активності, крім ІЗМІРАН, надсилалися до Головного прогностичного центру Геліогеофізичної служби СРСР (Інституту прикладної геофізики Держкомгідромету, Москва). Під час пілотованих космічних польотів прогнози склалися частіше – кожного дня і оперативно двічі на день надсилалися до Інституту прикладної геофізики, а також академіку Сєверному А. Б., директору Кримської астрофізичної обсерваторії СРСР.

На підставі надісланих від АО КДУ до Москви прогнозів сонячної активності в Інституті прикладної геофізики розраховувалась рівні радіаційного опромінення в навколосемному космічному просторі і давалися рекомендації щодо радіаційно сприятливих днів для запуску в космос апаратів з людьми на їх борту.

Під час спільного радянсько-американського експериментального польоту "Союз-Аполон" Романчук П. Р. розрахував для Головного прогностичного центру (Інститут прикладної геофізики, Москва) значення чисел Вольфа по п'ятиденках на липень-серпень 1975 р.

Крім того, на замовлення Центрального економічного інституту Держплану РРФСР (Москва), Московського інституту океанології і Українського регіонального науково-дослідного інституту Держкомгідромету (Київ) Романчуком П. Р. були складені прогнози річних чисел Вольфа на 1979–2000 рр.

В цей час П. Р. Романчука зробив вагомий внесок в організацію Геліогеофізичної служби СРСР і приклав колосальних зусиль до того, щоб на базі АО КДУ створити Всесоюзний центр з прогнозування сонячної активності (Інститут фізики Сонця). На жаль, суб'єктивні обставини завадили втіленню цих зусиль в життя. Багато з висловлених тоді ідей П. Р. Романчука, які випереджували плин часу, знайшли втілення в сучасному проекті "Космічна погода".

Сонячно-земні зв'язки. В 1987–2003 рр., коли Романчук П. Р. очолював відділ сонячної активності і сонячно-земних зв'язків, під його керівництвом і за безпосередньої участі, здійснено дослідження впливу сонячної активності на зміни клімату, погодні явища, рівень водності річок, Каспійського і Чорного морів та Світового океану, вулканічні виверження [46–54]. Після виходу на пенсію (2003 р.) Павло Родіонович продовжував співпрацю з Астрономічною обсерваторією на посаді наукового співробітника і був натхненником наукових ідей своїм учням.

22 червня 2008 р. Герой Радянського Союзу Павло Родіонович Романчук на 88-му році життя пішов від нас на вічний спокій. Із Москви від наукового колективу Інституту прикладної геофізики на адресу Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка прийшла телеграма співчуття, в якій було щиро відзначено піонерський і вагомий внесок П. Р. Романчука в організацію і становлення в 70-і роки минулого століття Геліогеофізичної служби Радянського Союзу, яка і понині успішно діє в Росії.

1. Романчук П.Р., Криводубський В.Н., Лозицкий В.Г., Нуждина М.А. Новые направления исследования Солнца и солнечно-земных связей в Астрономической обсерватории Киевского университета // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1984. – № 26 – С.45–60. 2. Криводубський В.Н., Романчук П.Р. Прогнозирование продолжительности существования групп солнечных пятен // Сб. "Возникновение и эволюция активных областей на Солнце". – М., 1976. – С.157–161. 3. Гуманицкий В.Б., Сфименко В.М., Романчук П.Р., Сергеева Г.М., Тельнюк-Адамчук В.В. До питання про завбачення тривалості існування груп сонячних плям // Препринт Астрон. obs. Київ. ун-ту. – 1975. – № 11 – 8 с. 4. Романчук П.Р., Криводубський В.Н. Прогнозирование солнечной активности // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1984. – № 26 – С.25–32. 5. Романчук П.Р., Бабий В.П., Пасечник М.Н. Оправдываемость декадных прогнозов относительных чисел и солнечных вспышек // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1989. – № 31. – С.59–63. 6. Романчук П.Р. К вопросу о природе солнечной активности. I. // Солнеч. данные. – 1965. – № 5 – С.65–68. 7. Романчук П.Р. К вопросу о природе солнечной активности. II. // Солнеч. данные. – 1965. – № 7 – С.65–74. 8. Романчук П.Р. Метод сверхдолгосрочного прогнозирования сглаженных месячных чисел Вольфа (метод резонансных кривых) // Вестник Киев. ун-та. Сер. астрономии. – 1974. – № 16 – С.17–28. 9. Романчук П.Р. Короткопериодические изменения (флюктуации) солнечной активности // Вестник Киев. ун-та. Сер. астрономии. – 1974. – № 16 – С.28–33. 10. Романчук П.Р. Природа солнечной цикличности // Вестник Киев. ун-та. Сер. астрономии. – 1976. – № 18 – С.5–10. 11. Романчук П.Р. Природа солнечной цикличности // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1977. – № 19 – С.3–14. 12. Романчук П.Р. Резонансные явления конвективных движений под действием приливных сил планет // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1980. – № 22 – С.34–39. 13. Романчук П.Р. Природа солнечной цикличности // Астрон. журн. – 1981. Т.58, №1. – С.158–166. 14. Романчук П.Р. Модуляция скорости выхода конвективных элементов на поверхность Солнца приливными силами планет // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1981. – № 23 – С.22–25. 15. Романчук П.Р. Некоторые вопросы теории планетных приливов на Солнце и солнечная цикличность // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1990. – № 32 – С.78–82. 16. Романчук П.Р. Прогноз активности Солнца в эпоху максимума на ветви спада 20-го цикла // Солнеч. данные. – 1968. – № 9 – С.107–110. 17. Романчук П.Р. Сверхдолгосрочный прогноз 21-го цикла солнечной активности // Препринт Астрон. obs. Киев. ун-та. – 1974. – № 1 – 7 с. 18. Романчук П.Р. Редюк Т.И. Прогноз 22—26 циклов солнечной активности // Препринт Астрон. obs. Киев. ун-та. – 1974. – № 6 – 5 с. 19. Романчук П.Р. Прогнозирование характеристик 11-летних солнечных циклов и наблюдаемых месячных относительных чисел // Сб. "Физика солнечной

плазми". – М. – 1989. – С.117–122. 20. *Romanchuk P.R.* Forecast of the 23rd cycle of the solar activity // Інформаційний бюлетень Української астрономічної асоціації. – 1998. – № 2 – С.30. 21. *Romanchuk P.P.* Оправдаваемость прогнозов солнечной активности в 1972–1973 гг. // Препринт Астрон. общ. Киев. ун-та. – 1974. – № 3 – 8 с. 22. *Romanchuk P.P.* Оправдаваемость долгосрочных прогнозов относительных числе Вольфа // Препринт Астрон. общ. Киев. ун-та. – 1979. – № 13 – 9 с. 23. *Romanchuk P.P.* Оправдаваемость прогнозов относительных числе Вольфа для 21-го цикла солнечной активности // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1983. – № 25 – С.15–19. 24. *Romanchuk P.P.* Оправдаваемость прогнозов внутригодовых флюктуаций солнечной активности (индекс наблюдаемые месячные относительные числа) на ветви спада 21-го цикла с заблаговременностью в несколько лет // Прогнозы солнечной активности и наблюдения солнечных активных явлений. Тезисы докладов. Симп. КАПГ. Ленинград 18–22 мая 1987. – 1987. С.24. 25. *Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А.* Турбулентное динамо в астрофизике. – М., 1980. 26. *Краузе Ф., Рэдлер К-Х.* Магнитная гидродинамика средних полей и теория динамо. – М., 1984. 27. *Кривоудубский В.Н., Романчук П.Р.* Динамические аспекты теории динамо среднего поля // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1984. – № 30 – С.27–37. 28. *Krivodubskij V.N.* Turbulent dynamo near tachocline and reconstruction of azimuthal magnetic field in the solar convection zone // Astron. Nachr. – 2005. – V. 326, No 1. – P. 61–74. 29. *Кривоудубский В.Н., Черемных О.К.* О затянущемся во времени 23-м солнечном цикле // Космична наука і технологія. – 2011. – Т.17, №1. – С.23–28. 30. *Лозицкая Н.И., Лямова Г.В., Малащук В.М.* Сравнение результатов визуальных измерений магнитных полей крупных солнечных пятен, выполненных в разных обсерваториях в 23 цикле солнечной активности // Изв. КраО. – 2007. – Т.103, № 4. – С.59–67. 31. *Babcock H.W.* The topology of the Sun's magnetic field and the 22-year cycle // Astrophys. J. – 1961. – V.133. – P. 572–587. 32. *Leighton R.B.* A magneto-kinematic model of the solar cycle // Astrophys. J. – 1969. – V.156. – P. 1–26. 33. *Пишкало Н.И.* Прогноз максимума 24-го цикла солнечной активности // Космична наука і технологія. – 2010. – Т.16, № 3. – С. 32–38. 34. *Pishkalo M.I.* Prediction of amplitude of solar cycle 24 based on polar magnetic field of the Sun at cycle minimum // Sun and Geosphere. – 2010. – V.5, No.2. – P.47–51. 35. *Romanchuk P.P., Кривоудубский В.Н., Изотов Ю.И., Изотова И.Ю.* Прогнозирование хромосферных вспышек с заблаговременностью от 1 до 7 дней // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1977. – № 19 – С.29–36. 36. *Romanchuk P.P., Изотова И.Ю., Кривоудубский В.Н., Адаменко А.С., Бабий В.П.* Прогнозирование солнечных вспышек с заблаговременностью от одного до семи дней в Астрономической обсерватории Киевского университета в 1976–1980 гг. // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1982. – № 24 – С.50–56. 37. *Гневывшева Р.С.* Каталог солнечной деятельности за 1959 г. – Ленинград, 1965. 38. *Waldmeier M.* Heliographische Karten der Photosphäre für das Jahr 1959 // Publikationen der Eidgenössischen Sternwarte Zürich. – 1960. – V. 326, No 4. – S. 89–115. 39. *Warwick S.* Standardized solar flare data 1959 through 1961 // IGY Solar Report Series. – 1966. – No 333. – 333 p. 40. *Ефименко В.И., Ефименко В.М., Тельнюк-Адамчук В.В.* Краткосрочное прогнозирование вспышечной активности групп пятен // Сб. "Возникновение и эволюция активных областей на Солнце". – М., 1976. – С.182–185. 41. *Ефименко В.И., Ефименко В.М., Тельнюк-Адамчук В.В.* О краткосрочном прогнозировании вспышек на основе характеристик групп пятен // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1977. – № 19 – С.19–29. 42. *Ефименко В.М., Краузе Ф., Тельнюк-Адамчук В.В.* Предсказание солнечных вспышек в группах пятен на несколько дней вперед // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1984. – № 26 – С.38–44. 43. *Долгунов Ю.Н.* Каталог хромосферных вспышек и соответствующих геофизических явлений за период с 1957 по 1965 г. // В кн.: "Солнечно-земные связи". – М. – 1989. – Вып.2. – С.1–302. 44. *Изотов Ю.И., Изотова И.Ю., Романчук П.Р.* Долгосрочное прогнозирование хромосферных вспышек с заблаговременностью до нескольких месяцев // Солнеч. данные. – 1976. – № 7 – С.67–72. 45. *Изотов Ю.И., Изотова И.Ю., Романчук П.Р.* Вспышечная активность в процессе развития группы пятен // Сб. "Возникновение и эволюция активных областей на Солнце". – М., 1976. – С.162–165. 46. *Romanchuk P.P.* Солнечная активность и уровень Каспийского моря // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1985. – № 27 – С.23–26. 47. *Romanchuk P.P.* Уровень Каспийского моря и солнечная активность // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1986. – № 28 – С.51–53. 48. *Romanchuk P.P.* Колебания атмосферы Земли под действием приливных сил Юпитера // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1988. – № 30 – С.50–54. 49. *Нуждина М.А.* Динамика сумм осадков в связи с изменениями солнечной активности в 11-летнем цикле // Вестник Киев. ун-та. Астрономия. – 1988. – № 30 – С.54–62. 50. *Romanchuk P.P., Пасичник М.М.* Місячні варіації рівня Каспійського моря і сонячна активність // Вісник Київ. ун-ту. Фіз.-мат. науки. – 1992. – № 3 – С.74–79. 51. *Romanchuk P.P.* К решению проблемы солнечно-земных связей, прогнозирования климата, погоды и вулканических извержений // Препринт ГАО-96-3Р. ГАО НАНУ. – Киев, 1996. 52. *Romanchuk P.P., Пасичник М.М.* Клімат Києва і сонячна активність // Вісник Київ. ун-ту. Астрономія. – 1997. – № 34 – С.66–72. 53. *Romanchuk P.P.* Стік Дніпра і сонячна активність // Водне господарство України. – 1997. – № 1 – С.3–4.54. *Romanchuk P.P., Бабий В.П.* Изменения уровня Мирового океана и Черного моря // Труды международной конференции "Физика и динамика малых тел Солнечной системы". – Киев, 1998. – С.57–60.

Надійшла до редколегії 07.06.11

УДК 524.77

О. Мельник, канд. фіз.-мат. наук, А. Елиїв, канд. фіз.-мат. наук

ТЕМНА МАТЕРІЯ У ПАРАХ ГАЛАКТИК KPG84 ТА KPG431

Метою нашої роботи була перевірка наявності загального гало темної матерії у парах галактик на зразок знайдених у багатих групах та скупченнях. Ми використали архівні дані XMM-Newton пар галактик KPG84 та KPG431 та порівняли їхню рентгенівське випромінювання з модельованим розподілом гарячого газу. Було оцінено величини відношення маси до світності M_X/L_B усередині стандартного радіуса галактики R_{25} для галактик KPG84A, KPG84B, KPG431A та KPG431B: 4.9, 3.6, 14.7 та 21.2 M_\odot/L_\odot . Із порівняння спостережуваних профілів поверхневої яскравості, відношення маси до світності та відношення рентгенівської світності до оптичної з результатами моделювання, зроблено висновок про відсутність загального гало темної матерії в цих системах. Ми також знайшли, що модель взаємодіючої пари галактик краще описує форму профілю поверхневої яскравості KPG431, в той час як профіль пари KPG84 краще сумісний з моделлю оптичної пари галактик.

The goal of our work was to check for the presence of common dark matter halos in galaxy pairs like those found in rich galaxy groups and clusters. We used XMM-Newton archive data for the KPG84 and KPG431 galaxy pairs and compared their X-ray emission with numerical simulations of the hot gas. We have estimated the values of the mass-to-luminosity ratio M_X/L_B inside the R_{25} standard galaxy radius for the KPG84A, KPG84B, KPG431A and KPG431B galaxies: 4.9, 3.6, 14.7 and 21.2 M_\odot/L_\odot . From the comparison of the observed surface brightness profiles, the mass-to-luminosity and the X-ray-to-B-band luminosity ratios with the modeling results, we conclude that there is no common dark halo in these systems. We also found that the model of the interacting galaxy pair better describes the shape of the KPG431 surface brightness profile, whereas the profile of the KPG84 pair is more consistent with the model of the optical galaxy pair.

Вступ. Малонаселені групи галактик є важливими індикаторами для тестування моделей еволюції галактик та вмісту темної матерії на проміжних масштабах між індивідуальними галактиками та багатими групами/скупченнями. Ті факти, що темна матерія концентрується у гало окремих галактик та у всьому об'ємі скупчень, є добре підтвердженими завдяки спостереженням кривих обертання спіральних галактик [41, 46], рентгенівським спостереженням галактик ранніх типів [34] та скупчень галактик [47]. Незалежні підтвердження було отримано також за дослідженнями гравітаційного лінзування [1]. Але як темна матерія концентрується у малонаселених групах: головним чином у галактиках чи в об'ємі між ними, утворюючи спільне гало?

Великий внесок у дослідження вмісту та розподілу темної матерії у галактиках, групах та скупченнях було зроблено завдяки спостереженням космічних обсерваторій ROSAT, Chandra, XMM-Newton та Suzaku. Мулчай та ін. [36] та Джелтема та ін. [27] показали, що групи галактик не завжди показують симетричну форму у рентгені. Форма гало груп галактик залежить головним чином від віріального статусу групи, кількості галактик ранніх типів у ній та наявності взаємодії між галактиками. У групах, де домінують галактики ранніх типів, рентгенівське випромінювання набагато інтенсивніше, ніж у групах, де більшість галактик мають пізні типи, окрім того, гало таких груп є більш симетричними. Згідно [8], якщо триплет галактик має спільну корону, то його рентгенівське випромінювання повинно концентруватися навколо центру мас системи, а не навколо галактик. Але це припущення вірне тільки у випадку розрідже-