

УДК 521.96

В. Головня, інж., Л. Пакуляк, канд. фіз.-мат. наук,
Л. Кізіон, канд. фіз.-мат. наук

ГАММА-СПАЛАХИ – ОГЛЯД ОБЛАСТЕЙ НЕБА НА ПЛАТІВКАХ АРХІВУ (1976–1998)

Результати постійного моніторингу гамма-спалахів регулярно публікуються в GCN Circulars як для подальших спостережень післясвітіння, так і для вивчення всіх об'єктів, які розташовані в ділянках поблизу зареєстрованого спалаху. Останнє завдання може вирішуватись за допомогою спостережних фотографічних або ПЗЗ архівів. З GCN Circulars вибираються ті об'єкти, які потенційно можуть знаходитись на платівках DBGPA (Database of Golosiiv Plate Archive). Їх позиційна точність складає від ± 0.3 as до ± 7.5 as, а зоряна величина дорівнює 14^m – 19^m . GRB і всі оточуючі об'єкти відшукуються на оцифрованих зображеннях платівок ПША (подвійного ширококутного астрографа ГАО НАН України, $D/F=40/2000$, $M=103$ "/mm, field $8^\circ \times 8^\circ$) в колі радіусом кілька десятків кутових хвилин. Виконаний аналіз ділянок з GRB, зареєстрованих в 2009–2011 роках. Вивчення цих об'єктів продовжується із залученням інших засобів досліджень.

The results of continuous GRB monitoring are being published in GCN Circulars regularly for further observations of their afterglows as well as for investigation of any objects in the sky areas around the GRB. The last task can be performed using data of digitized photographic or CCD observational archives. Objects, which potentially could appear on archive plates were selected in GCN Circulars published data. The positional accuracy of selected objects is between ± 0.3 as and ± 7.5 as and the range of magnitudes is 14^m – 19^m . GRB and all the objects are sought and identified on the digitized MAO NASU Double Wide angle Astrograph plates ($D/F=40/2000$, $M=103$ "/mm, field $8^\circ \times 8^\circ$) within the circle with the radius of dozens of arcminutes. The analysis coordinates of GRBs which were observed during 2009–2011, has been carried out. The bright objects with coordinates different from those of given to GRB but absent in vast stellar catalogues where found in several areas. Studying of these objects is going on with attraction of another observational facilities.

Вступ. Гамма-спалахи (ГС або GRB (Gamma-Ray Bursts)) – раптові короточасні підвищення інтенсивності космічного гамма-випромінювання з енергією в мільярди раз більшою за енергію видимого світла. Після відкриття оптичного післясвітіння (afterglow) і отримання спектру з'ясувалось, що ГС – далекі об'єкти Всесвіту. Оскільки гамма-спалахи бувають двох видів (короткі, менше 2 сек і довгі, що тривають протягом 2–200 сек), то і механізм утворення їх може бути різним. Короткі ГС з'являються в еліптичних галактиках з активним зореутворенням і можуть виникати завдяки злиттю нейтронних зірок під дією гравітаційних хвиль, а нейтронна зірка може бути компонентою тісної подвійної системи, яка включає чорну діру. Довгі ГС пов'язують з колапсом ядер масивних наднових зір, що обертаються, і вибухами наднових типу Ib і Ic [1]. Дослідження ГС у всіх діапазонах хвиль дозволило б зрозуміти не тільки механізм їх утворення, але й природу Всесвіту – через вивчення фізичних умов в Галактиках, де з'явилися спалахи та процесу формування зірок в них. На даний момент найвіддаленішим є GRB 090423 з червоним зміщенням $z=8.2$ [2].

© Головня В., Пакуляк Л., Кізіон Л., 2012

Завдяки регулярним спостереженням, які проводять із космічних апаратів – супутників HETE (High Energy Transient Explorer), INTEGRAL, SWIFT Gamma Ray Burst Explorer та ін., виявилось, що ГС виникають приблизно раз на добу та мають ізотропію розподілу на небесній сфері. Спостереження ГС в оптичному діапазоні, які виявили кореляцію між потоком гамма-випромінювання і яскравістю спалаху, підтверджують супутникові дані. За 30-ти літню історію спостережень всі оптичні та рентгенівські післясвітіння ГС спостерігались лише в 20-ти випадках на декілька тисяч зареєстрованих подій [3]. Тому при виявленні супутниками ГС інформація про нього негайно передається на земним обсерваторіям. Всі спостереження ГС одразу ж по їх виявленню публікуються в циркулярах GRB Coordinate Network (GCN) [4], як і вся наступна наявна інформація про них.

Використання архівів фотографічних платівок для пошуку оптичних аналогів ГС. Ідея використання наявних архівів платівок з різних оптичних телескопів для пошуку оптичних двійників ГС з'явилась в 2003 р. Тоді ж виконана перша спроба пошуку GRB 030329 на астронегативах подвійного ширококутного астрографа (ПША) колективом авторів ГАО НАН України. Платівки переглядались з допомогою координатометра ASKOREKORD. Оптичного зображення ГС на 13 знайдених платівках не виявилось, проте були визначені граничні зоряні величини навколо локалізації спалаху [5].

Більш зручні можливості для пошуку та перегляду великої кількості платівок (і не тільки для пошуку оптичних двійників ГС) дає створюваний на базі обчислювальних потужностей ГАО НАН України Об'єднаний Цифровий Архів (ОЦА) фотографічних та ПЗЗ спостережень Української віртуальної обсерваторії (УкрВО) [6]. Однією з його складових є база даних Голосіївського архіву платівок DBGPA [7], яка містить в собі як оцифровані зображення платівок архіву, так і сервіс пошуку платівок на вказані ділянки неба і засоби їх перегляду.

Принцип відбору ГС для пошуку на фотографічних платівках їх зображення. Після регулярного перегляду публікацій [4] і списку уточнених з допомогою космічної місії "The Swift Gamma-Ray Burst Mission" положень переважної більшості ГС [8] ми відбирали координати тих ГС, точність спостережень яких знаходилась в межах від $\pm 0.3''$ до $\pm 7.5''$, а зіркові величини від 14^m до 19^m . Для кожного з цих ГС в базі даних колекції платівок ГАО знаходились платівки, з яких вибирались і сканувались лише ті, які мали експозиції від 3-х до 27 хвилин. Зі сканів платівок виділялись невеликі поля розміром від $\pm 6'$ до $\pm 50'$ з центром на місці ГС (розміри ділянки залежать від кількості зірок на них), які порівнювались з аналогічними полями, знайденими на зоряних картах [9].

Для ГС, які відбулися в лютому та березні 2011 року з відповідними координатами, взятими з GCN, в табл. 1. наведена кількість платівок, вибраних нами в ОЦА, на яких може бути ділянка з місцем цього ГС. Для деяких спалахів не знайдено жодної платівки. Для більшості ГС знайдено від 4–5 до 10 платівок, максимальна кількість платівок сягає 35 для GRB110315A.

Таблиця 1

Гамма-спалахи та кількість платівок, вибраних для їх пошуку

GRB	RA, J2000 h m s	D, j2000 ° ' "	Sigm" ±	UT	Mag	DWA
110201A	090957.3	+883636.9	1.3'	093508		-
110205A	105831.1	+673130.9	0.2	020241	16.06	10
110207A	005009.5	-104723.8	1.3'	111720	22.8	9
110208A	012950.86	-203533.5	0.3	211046	22.8	-
110209	1940	-0143	7.3dg	051426		10
110210A	005213.58	+074646.9	1.7	095241		19
110212A	043606.0	+434256.2	1.4'			12
110213A	025151.37	+491621.2	1.5	051729	19.92	18
110213B	024701.45	+010846.5	0.9	143148	22.8	8
110215	002638	+032410.5	3.5		>20.1	-
110223A	230324.85	+873327.6	2.0	205659	21.6	4
110305A	172331.3	-154808.8	0.3	063801	23.7	7
110312A	102955.47	-051545.4	1.7	175537	>24.1	6
110315A	183646.87	+173220.4	1.4	235704		35
110318A	223310.0	-151640.9	1.0'	131419		4
110328A	164449.94	+573459.6	0.14	125745	22.6	5

де GBR – гамма-спалах;

RA, J2000; D, j2000 та Sigm" – координати ГС та похибка, з якою вони були визначені;

UT – час ГС та Mag – зоряна величина його;

DWA – кількість платівок, вибраних нами в ОЦА, на яких може бути ділянка зі спалахом.

Пошук оптичних аналогів ГС. Для пошуку оптичних зображень ГС використовувались скани платівок, одержаних на телескопі ПША (D/F=40/2000, M=103"/mm, поле 8°x8°). Ці платівки опрацьовувались першочергово у зв'язку з однорідністю виконання спостережень, великим полем зору та наявністю на них зірок до $V=17^m$. Платівки відскано-

вані з роздільною здатністю 1200 dpi. На Рис.1. наведений приклад зображення платівки №514, отриманої за програмою фотографічного огляду неба, розміром 30х30см з двома експозиціями – короткою 0.6 хв. та довгою 16,3 хв. (ідентифікатор платівки GUA040C000514A за класифікацією WFPDB [10] та позначено квадрат з центром, який відповідає положенню GRB 110213A. Якщо на платівці є зображення спалаху – то можна буде оцінити його зоряну величину в момент отримання фотоплатівки.

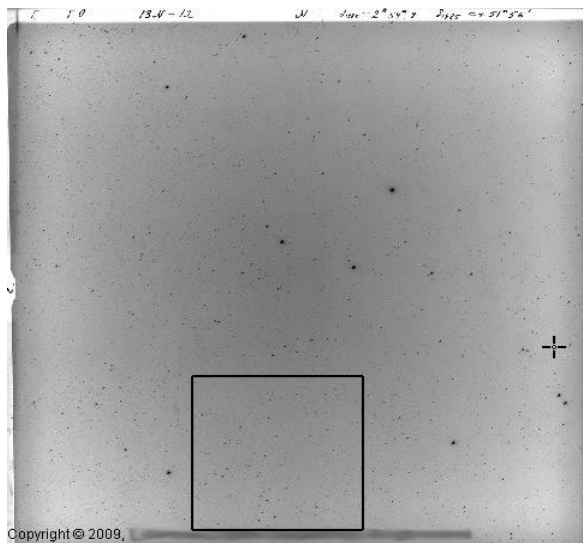


Рис.1. Платівка GUA040C000514A з координатами центру (02h56m+52°) та ГС110213A (02h51m51.37s+49°16'21.2")

В таблиці 2 наведений перелік відібраних платівок в ділянках з гамма-спалахами (їх координати, точність отримання та посилання, звідки ці дані були взяті). Для кожного із шести, опрацьованих нами ГС, приведені характеристики платівок, скани яких ми відібрали для пошуку оптичних двійників цих спалахів та для кожної платівки визначена гранична візуальна зіркова величина в околі ГС та візуальна зоряна величина (V) зображення на місці ГС в тому випадку, якщо воно було знайдене. Відзначимо, що ймовірно зображення ГС було знайдене на чотирьох із 43 платівок. Для визначення зіркових величин використовували зорі з каталогу USNO-A2.0.

Опрацьовані нами дані опубліковані в циркулярах GCN [12,14,16,18,20,22], в яких є посилання на файли з ділянками гамма-спалахів у форматі .jpg. Зображення областей з більшою роздільною здатністю (файли в форматі .tiff) можна отримати електронною поштою.

Таблиця 2

Визначені граничні зоряні величини навколо ГС та V зображення ГС (на чотирьох платівках)

YYMMDD UT	GUA_ID	Exp.	LimM / ObjM
GRB 090111 16h 46m 42.14s +00d 04' 38.2" ±1.7 [11]			
19790419 22:37:48	GUA040C001160B	5.0	14.4
19790503 23:54:51	GUA040C001168B	6.0	14.4
19790503 23:54:51	GUA040D001169	6.0	14.65
19800515 23:06:42	GUA040D001747	20.0	14.4
19800515 23:06:34	GUA040C001746B	20.0	14.65
19810521 22:48:36	GUA040D001952	3.0	11.63
19820515 22:46:59	GUA040C000082A	27.0	16.35
19910613 21:25:17	GUA040C001800A	22.5	17.3
GRB 090113 02h 08m 13.63s +33d 25' 42.9" ±1.7 [13]			
19881004 23:10:05	GUA040C001340	16.0	16.2
19891025 20:42:19	GUA040C001518A	22.5	16.0
19891025 21:38:29	GUA040C001520A	16.0	15.0
19891026 19:55:50	GUA040C001521B	19.0	15.0
19891026 21:50:31	GUA040C001525	18.0	15.3
19930924 23:42:35	GUA040C002246	20.2	15.3
GRB 101030A 11h 05m 31.68s -16d 22' 41.2 ±1.9" [15]			
19860501 19:23:22	GUA040C002903	30.0	12.15
19860501 19:23:27	GUA040D002904	11.9	13.15
19860503 00:29:45	QUI021B000206*	12.15	12.15
19860503 00:48:10	QUI021B000208*	12.15	12.15
GRB 101224A 19h 03m 41.91s +45d 42' 48.5" ±3.2" [17]			
19770622 22:14:06	GUA040C000430A	22.5	15.50
19840720 21:19:40	GUA040C000535A	60.0	17.60 / 17.2
19860716 21:18:54	GUA040C000961	16.0	17.60
19870701 22:16:16	GUA040C001064	16.0	17.60 / 17.2
19870822 19:11:46	GUA040C0001078A	16.0	15.65

Закінчення табл. 2

YYMMDD UT	GUA_ID	Exp.	LimM / ObjM
GRB 101225A 00h 00m 47.47s +44d 36' 01.0"±1.4" [19]			
19850815 00:26:01	GUA040C000702A	16.0	16.15
19841212 16:51:23	GUA040C000587	16.0	15.35
19840827 23:46:55	GUA040C000468A	16.0	15.35
19930923 21:33:33	GUA040C002237	16.0	15.35
19840827 23:12:28	GUA040C000467A	18.0	16.10
19840905 22:33:06	GUA040C000491	16.0	16.35
19850815 00:02:05	GUA040C000701	16.0	16.15
19871024 19:40:17	GUA040C001153A	18.0	15.35
19840809 01:08:44	GUA040C000441	16.0	14.10
19840905 22:58:22	GUA040C000492A	18.0	16.55
GRB 110213A 02h 51m 51.37s +49d 16' 21.2" ±1.5 [21]			
19831203 19:41:42	GUA040C000261A	16.0	15.50
19840128 16:46:54	GUA040C000282A	13.5	15.25
19840128 17:07:51	GUA040C000283A	13.5	15.25
19841019 22:27:46	GUA040C000514A	16.3	16.90 / 16.8
19851109 21:12:03	GUA040C000773A	16.0	15.90
19871023 22:27:36	GUA040C001142	16.0	16.40
19871023 22:48:58	GUA040C001143A	16.0	17.85 / 16.8
19871223 18:25:56	GUA040C001174	16.0	15.50
19871223 18:49:42	GUA040C001175	16.2	15.85
19891026 22:17:26	GUA040C001526A	17.0	16.15

де YYMMDD UT — дата і час початку експозиції платівки ПША; GUA_ID — номер платівки;

Exp. — тривалість максимальної експозиції в хвиликах.

LimM — визначена нами гранична візуальна зоряна величина серед зір в околі ГС.

ObjM — визначена візуальна зоряна величина оптичного аналога ГС.

- — плівки, отримані в Екваторі камерою АФУ-75 (D/F=210/740, M=280"/mm).

На Рис.2. приведений скан області розміром 15'x15', де відбувся спалах.

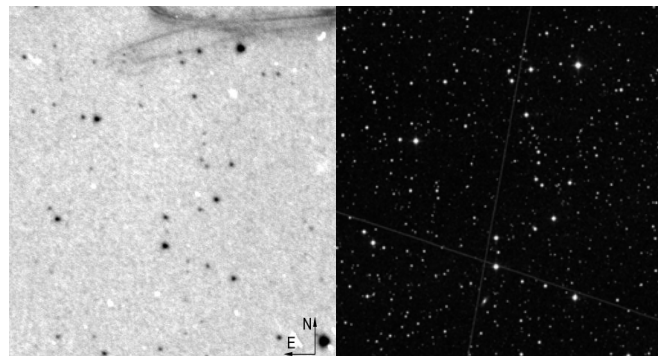


Рис.2. Область GRB 090111 з платівки GUA040C000082A (ліворуч) та ця ж область з каталогу USNO A2.0

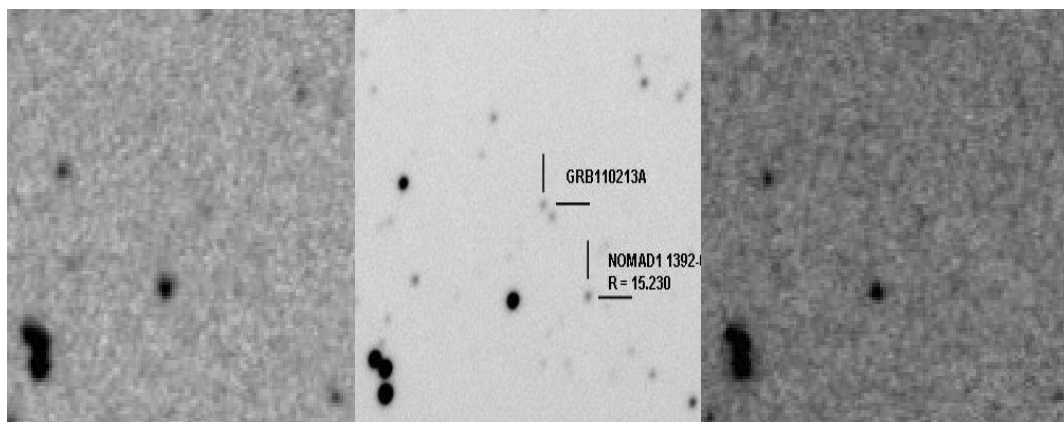


Рис.3. Область GRB 110213A з платівки GUA040C001143A (ліворуч), ця область з [23] з вказаним зображенням ГС та зірки порівняння (R=15.23) та з платівки GUA040C000514A (праворуч)

Для пошуку GRB 110213A використані скани десяти платівок, його зображення з V=16.8 знайдене на двох з них, а на інших восьми відсутнє тому, що гранична візуальна зоряна величина їх V < 16. Оптичний двійник ГС знайдено на ділянці розміром 5'x5' з платівок GUA040C000514A та GUA040C001143A (Рис.1).

Висновки.

1. В ГАО НАН України відпрацьована методика пошуку оптичних джерел в напрямку гамма-спалахів з використанням сканів платівок колекції фотографічного архіву DBGPA. Пошук ділянок з потенційними зображеннями ГС є ефективним тільки для тих спостережних програм, які покривають великі ділянки небесної сфери.

2. В даних з GCN циркулярів не для всіх ГС подається фотометрія зір поблизу цих областей, але для деяких приводиться фотометрія зір, отримана напередодні спалаху. Ми доповнюємо ці дані нашими оцінками, які отримуємо з оцифрованих зображень платівок телескопу ПША.

3. Нами знайдені чотири платівки з зображенням оптичних двійників ГС та визначена візуальна зоряна величина ГС на основі каталогу USNO A2.0: дві платівки для GRB 101224A з $V=17.2^m$ та дві для GRB 110213A з $V=16.8^m$.

Таким чином, пошук оптичних аналогів ГС може розширити діапазон спостережних даних для розвитку теорії механізму утворення загадкових ГС.

1. Богомазов А.И., Липунов В.М., Тутуков А.В.//А.Ж.– 2007. – 84, №4, – С.345–356. 2. Tanvir, N. R.; Fox, D. B.; Levan, A. J. et al. A γ -ray burst at a redshift of $z\sim 8.2$ / J.Natur – 2009. Vol. 461. P. 1254–1257. 3. Панасюк М.И. Странники Вселенной или эхо Большого взрыва. Фрязино: "Век2", 2005. 4. GRB Coordinate Network, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/> 5. Sergeev A.V., Golovnya V.V., Pakuliak L.K. et al. GRB 030329. GRB Circular Network - 2003, № 2170, 1 6. Вавилова И.Б., Пакуляк Л. К., Процюк Ю. И. УкрВО. Цель, структура и задачи КНІТ – 2010. Т. 16. № 5. С. 62–70. 7. Pakuliak L. DBGPA V2.0, <http://gua.db.ukr-vo.org/> 8. Evans P. UK Swift Science Data Centre, http://www.swift.ac.uk/xrt_positions/index.php. 9. Інтернет-сервіс карти неба, <http://www.sky-map.org/> 10. Tsvetkov M.K. Wide-Field Plate Database (WFPDB v5.0) <http://www.skyarchive.org> 11. Evans P.A., Goad M.R., Osborne J.P. et al. GRB 090111: Enhanced Swift-XRT position /GCN 8796, 2009. 12. Golovnya V.V., Kizyun L.N. GRB 090111, the review of the sky area in plate archives (1976–1996) /GCN 11385, 2010 13. Goad M.R., Osborne J.P., Beardmore A.P. et al. GRB 090113: Enhanced Swift-XRT position /GCN 8809, 2009. 14. Golovnya V.V., Kizyun L.N., Pakuliak L.K. GRB 090113, the review of the sky area in plate archives /GCN 11393, 2010 15. Evans P.A., Goad M.R., Osborne J.P. and Beardmore A.P. GRB 101030A: Enhanced Swift-XRT position /GCN 11387, 2010 16. Golovnya V.V., Pakuliak L.K. GRB101030A /GCN 11435, 2010. 17. Page K.L., Evans P.A. and Goad M.R. GRB 101224A – UVOT-enhanced XRT position /GCN 11485, 2010 18. Golovnya V.V., Kizyun L.N., Pakuliak L.K. GRB 101224A, the review of the sky area in plate archives /GCN 11596, 2011. 19. Evans P.A., Goad M.R., Osborne J.P. and Beardmore A.P. GRB 101225A: Enhanced Swift-XRT position /GCN 11497, 2010. 20. Golovnya V.V., Kizyun L.N., Pakuliak L.K. GRB 101225A, the review of the sky area in plate archives /GCN 11751, 2011 21. Osborne J.P., Beardmore A.P., Evans P.A. and Goad M.R. GRB 110213A: Enhanced Swift-XRT position /GCN 11712, 2011. 22. Golovnya V.V., Kizyun L.N., Pakuliak L.K. GRB 110213A, the review of the sky area in plate archives /GCN 11832, 2011. 23. Hentunen V.-P., Nissinen M. and Salmi T. GRB 110213A: GRAS011 optical observations /GCN 11709, 2011.

Надійшла до редколегії 05.03.12