

Обговорення та висновки. Поглиблений аналіз радіокарт залишку Вітрила на частоті 408 МГц, виконаний у даній роботі, дозволив уточнити модель випромінювання залишку Вітрила (рис. 1), запропоновану в [5, 11], і з'ясувати тонку структуру поверхневої яскравості ПВТ у центральній частині залишку. Зокрема, крім очікуваного сферично-симетричного компонента, який домінує на карті залишку (рис. 3., ліворуч), виявлено два додаткові локалізовані джерела меншої яскравості (рис. 3, праворуч). Наші оцінки потоків на 408 МГц відповідають низькочастотній інтерполяції даних ГГц-діапазону, що свідчить про спільність походження радіовипромінювання крил у МГц- та ГГц-діапазонах. Аналіз карт випромінювання в радіо- та гамма-діапазоні виявив подібну до північного й південного пульсарних крил морфологічну структуру в даних місії Fermi в 0.3-100 ГеВ-діапазоні [4]. Це відкриває нові можливості дослідження комплексу Вітрила в області гамма-випромінювання дуже високих енергій 0.1-100 ТеВ існуючими (H.E.S.S., MAGIC, VERITAS) та майбутніми (CTA) детекторами.

Список використаних джерел

1. Alvarez H. The radio spectral index of the Vela supernova remnant / H. Alvarez, J. Aparici // *Astronomy and Astrophysics*. – 2001.
2. Weiler K. W. VELA X and the evolution of Plerions / K. W. Weiler, N. Panagia // *Astronomy and Astrophysics*. – 1980.
3. Jones B. B. An aperture synthesis survey of the galactic plane / B. B. Jones, E. A. Finlay // *Australian Journal of Physics*. – 1974.
4. Grondin M. H. The Vela-X Pulsar Wind Nebula revisited with 4 years of Fermi-Large Area Telescope observations / M. H. Grondin, R. W. Romani // *The Astrophysical J*. – 2013.
5. Sushch I. Modeling of the Radio Emission from the Vela Supernova Remnant / I. Sushch, B. Hnatyk // *Astronomy and Astrophysics*. – 2013.
6. Rybicki G. B. Radiative Processes in Astrophysics / G. B. Rybicki, A. P. Lightman // WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. – 2004.
7. Березинский В. С. Астрофизика космических лучей / В. С. Березинский. – М. : Наука, 1990.
8. Гинзбург В. Л. Теоретическая физика и астрофизика / В. Л. Гинзбург. – М. : Наука, 1987.
9. Bracewell R. The Fourier Transform and its Applications / R. Bracewell. – New-York : McGraw-Hill. – 1965.
10. Haslam 408 MHz. |Max Planck Institute for Radioastronomy. – https://lambda.gsfc.nasa.gov/product/foreground/haslam_408.cfm
11. Sushch I. A Modeling of the Vela complex including the Vela supernova remnant, the binary system γ 2 Velorum, and the Gum nebula / I. Sushch, B. Hnatyk, A. Neronov // *Astronomy and Astrophysics*. – 2011.

Надійшла до редколегії 11.10.18

П. Плотко, студ.,
Б. Гнатик, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

**ОСТАТОК СВЕРХНОВОЙ ПАРУСА И ЕГО ПУЛЬСАРНО-ВЕТРОВАЯ ТУМАННОСТЬ:
ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ**

Остаток сверхновой Паруса (Vela SNR – один из ближайших к Земле) служит космической лабораторией релятивистской и пульсарной астрофизики. В частности, его синхротронное радиоизлучение определяется физическими процессами как в самом остатке, так и в пульсарно-ветровой туманности (ПВТ), заполняющей центральную часть остатка. В работе общий радиопоток от остатка Паруса разделен на потоки от остатка и от ПВТ. Показано, что поток от остатка регистрируется в МГц-диапазоне и генерируется во всем объеме с постоянной излучательной способностью, тогда как поток от ПВТ регистрируется в МГц- и ГГц-диапазонах и генерируется в сферически-симметричном объеме ПВТ (МГц-гало компонента) и двух дополнительных источниках – северном и южном "крыльях" пульсара (МГц- и ГГц-крыле).

Ключевые слова: остатки сверхновых, остаток сверхновой Паруса, пульсары, пульсарно-ветровая туманность, синхротронное излучение.

P. Plotko, stud.,
B. Hnatyk, Dr. Sci., Prof.,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

**VELA SUPERNOVA REMNANT AND ITS PULSAR WIND NEBULA:
PHYSICAL CHARACTERISTICS AND RADIO EMISSION**

Vela Supernova remnant (SNR) is one of the nearest SNRs to Earth and serves as a space laboratory of relativistic and pulsar astrophysics. In particular, its synchrotron radio emission is determined by physical processes both in the remnant and in pulsar wind nebula (PWN), that resides in central part of remnant. In our work we separate the total radio flux from Vela SNR on fluxes from remnant and from PWN. It is shown that flux from the remnant is detected in MHz- range and is generated in the whole volume of remnant with uniform emissivity, while as flux from PWN is detected in MHz-GHz range and is generated in the spherically symmetric volume of PWN (MHz halo component) and in two additional sources: Northern and Southern pulsar wings (MHz-GHz wings).

Keywords: SuperNova remnants, Vela SNR, pulsars, pulsar wind nebula, synchrotron emission.

УДК 523.64

А. Гулиев, д-р физ.-мат. наук, проф.,
У. Поладова, д-р физ.-мат. наук,
Шамахинская астрофизическая обсерватория имени Насреддина Туси НАН Азербайджана

АБСОЛЮТНЫЙ БЛЕСК РЯДА ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ 1990–2015 гг.

Вычислены фотометрические параметры 69 долгопериодических комет, наблюдавшихся в период 1990–2005 гг. по шкале Всехсвятского (H_{10}). Для 56 из них определены значения параметров H_0 и u из уравнения Орлова. В целом использована 6391 оценка блеска из различных источников.

Определение фотометрических величин комет по визуальным оценкам было предметом многолетних трудов С. К. Всехсвятского и его учеников [1–5]. За последние годы азербайджанские астрономы также внесли определенный вклад в подобные исследования и опубликовали по отдельности и совместно с киевскими астрономами ряд работ [6–8] в данном направлении. В частности, из различных источников им удалось собрать множество оценок блеска и определить фотометрические параметры более 250 комет. Настоящая работа является продолжением этой серии расчетов кометных параметров.

Напомним, что в представленном исследовании речь идет об определении параметров H_{10} (абсолютный блеск по шкале Всехсвятского), H_y и u (абсолютный блеск и фотометрический параметр по шкале Орлова), которые определяются формулами

$$H_{10} = m - 5 \lg \Delta - 10 \lg r \tag{1}$$

$$H_y = m - 5 \lg \Delta - y \lg r \tag{2}$$

методом наименьших квадратов, где m , Δ и r – видимый блеск кометы, ее геоцентрическое и гелиоцентрическое расстояние в момент оценивания блеска, соответственно. В работах [6, 7, 9] в правую часть (2) добавляется новый член (Ψ), связанный элонгацией кометы в момент наблюдения, после чего уравнение изменения блеска имеет следующий вид:

$$H_y = m - 5 \lg \Delta - y \lg r + f(\Psi) \tag{3}$$

В ряде случаев выражение (3) дает намного меньше дисперсии, нежели (1) и (2). Следует отметить, что, если интервалы наблюдений по Ψ и r весьма ограничены, использование (2) и (3) приводит к большим искажениям, что нецелесообразно. Всехсвятский [2] показал, что среднее значение параметра y по шкале Орлова оказывается равным ~ 10 , и отсюда вывел более упрощенную формулу (1), которая широко используется в кометной астрономии.

В настоящей работе сделана попытка определить фотометрические параметры 69 долгопериодических комет, исходя из большого количества (6392) оценок блеска, собранных из различных источников (Minor Planet Electronic Circulars, Comet Quarterly Journal и т. д.). Уравнение (2) мы использовали в виде

$$H_y = m - k \lg \Delta - y \lg r \tag{4}$$

Целью такой перестановки данной формулы является дополнительная проверка общепринятого постулата о том, что значения параметра k обязательно должны группироваться вблизи значения 5.

Расчеты охватывают долгопериодические кометы, наблюдавшиеся за период 1990–2015, а общее количество (N) использованных оценок блеска равно 6391. Результаты расчетов приводятся в табл. 1. Для всех комет вычислены значения параметра H_{10} и его среднеквадратическое отклонение σ , а для ряда комет значения H_y и u пропущены из-за ограниченности интервала r .

Таблица 1

Фотометрические величины 69 долгопериодических комет

	k	y	H_y	H₁₀	σ	N
C/2015ER61	1.61	15.84	7.47	7.16	1.13	97
C/2014W2	6.89	14.92	2.35	5.59	1.19	65
C/2013UQ4				11.68	0.68	45
C/2013A1	3.85	7.23	8.58	7.77	0.84	62
C/2012K5	3.84	9.8	9.51	9.74	0.79	55
C/2015V2	4.45	6.75	6.84	5.67	0.88	148
C/2014S2	12.23	4.79	4.35	4.61	0.69	107
C/2014Q2	2.23	14.31	3.52	4.24	1.13	404
C/2014E2	4.31	10.5	7.12	7.19	0.59	227
C/2013X1	4.28	10.92	5.24	5.38	0.85	110
C/2013V5	2.86	10.37	9.08	9.02	0.88	90
C/2013US10	5.37	7.55	5.76	5.17	0.75	190
C/2013R1	3.6	12.46	6.72	7.04	0.59	281
C/2012X1	0.53	13.79	4.75	4.47	1.11	167
C/2012S1	0.72	9.61	9.13	8.31	1.97	215
C/2012K1	5.33	7.05	6.05	5.27	0.78	288
C/2012F6	5.46	8.06	5.53	5.29	0.85	208
C/2011L4	1.96	9.74	5.97	5.13	0.92	322
C/2011F1	-4.31	5.96	11.04	4.88	1.03	72
C/2010X1	-0.77	10.3	9.87	9.37	1.67	61
C/2010S1	4.22	4.23	6.75	1.58	0.61	86
C/2010G2	6.9	19.97	2.63	6.63	1.22	75
C/2009P1	5.25	7.68	4.03	3.27	0.45	397
C/2009R1	9.47	4.71	5.87	6.80	0.69	105
C/2009K5	1.23	12.75	6.13	5.80	0.6	136
C/2007Q3	3.15	13.87	4.04	5.01	0.81	57
C/2006W3	-0.27	12.1	3.58	3.13	2.44	49

Закінчення табл. 1

	k	y	H _y	H ₁₀	σ	N
C/2006S3	3.6	27.62	9.63	11.83	1.28	99
C/2000SV74	9.58	0.03	7.74	5.53	1.17	87
C/2001RX14	-0.12	24.63	2.97	7.79	2.27	116
C/1999S41	6.12	3.15	9.93	9.93	1.35	155
C/1999T1	7.4	7.24	6.08	4.89	0.53	206
C/2000VM1	6.82	4.05	8.87	8.89	2.31	207
C/1995O1	-5.79	14.48	4.91	(0.98)	2.28	209
C/2001K5	5.47	11.62	2.03	3.74	2.02	126
C/2004F4	37.65	-4.27	3.33	6.52	1.8	153
C/2003H1	5.52	5.73	9.35	8.58	1.85	110
C/1999L1				4.16	1.66	49
C/2006A1	5.47	11.62	2.03	6.22	1.14	78
C/2004Q2	6.37	7.68	6.16	7.40	0.81	189
C/2002F1	0.69	17.19	10.92	5.38	1.48	81
C/2002E2				4.09	0.61	137
C/1998U3	9.02	-5.68	11.49	7.11	2.67	160
C/2001Q4	2.54	9.85	4.86	3.21	0.35	196
C/2002T7				6.44	1.8	170
C/2006M4				4.44	0.64	197
C/2002Y1	-1.37	3.28	7.45	4.19	1.6	89
C/1999J3	5.36	5.99	9.19	6.42	2.39	99
C/1999H1	5.48	11.86	6.64	3.77	2.51	207
C/2002O6	3.69	8.14	9.05	10.76	0.66	100
C/1999Y1	3.39	5.02	8.85	5.61	3.05	91
C/2002O4				5.72	2.24	105
C/1999T2	1.27	8.6	8.34	5.97	1.61	86
C/2002V1	1.24	23.48	5.32	8.89	2.62	100
C/2003K4				4.09	0.61	137
C/2001A2	15.27	3.09	8.37	6.11	0.75	198
C/2001OG108	1.02	18.61	10.04	8.61	0.57	100
C/2004Q1	7	4.4	8.03	6.09	1.1	85
C/2002X5	12.09	4.17	7.11	5.59	0.55	100
C/1999S3	1.76	37.57	1.67	7.15	3	100
C/2005A1	7.86	18.92	8.12	4.33	2.67	40
C/1994G1				(2.30)	0.78	60
C/1994Q2				2.16	0.48	60
C/1994J2				9.78	0.59	59
C/1993A1	13.16	0.11	5.43	3.79	2.24	60
C/1992L1				4.16	1.66	49
C/1992F1				5.40	1.3	59
C/1990N1	2.78	9.67	6.36	4.68	0.75	60
C/1990E1				6.61	1.17	49

Выводы. Прделанная работа позволяет сделать следующие выводы:

1. По 56 кометам, где значения охватывают достаточно большие интервалы, значения коэффициентов Δ и g уравнения (4) оказываются равными 4.85 и 10.1, что близко к значениям Всехсвятского. В целом у 26 из 56 значений k оказывается вблизи 5 (от 3 до 7), что доказывает справедливость более обобщенной формулы Орлова (2).

2. Расчеты указывают на то, что при прогнозировании наблюдаемого блеска, сравнении различных кометных групп по среднему блеску параметр H_{10} , введенный Всехсвятским, до сих пор сохраняет актуальность.

Работа в этом направлении будет продолжена.

Список використаних джерел

1. Андриенко Д. А. Физические характеристики комет 1975–1980 / Д. А. Андриенко, А. В. Карпенко. – М. : Мир, 1987.
2. Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет / С. К. Всехсвятский. – М. : Физматгиз, 1958. – 575 с.
3. Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет 1971–1978 гг. / С. К. Всехсвятский, Н. И. Ильчишина. – М. : Наука, 1974. – 112 с.
4. Всехсвятский С. К. Кометы 1961–1965 гг. / С. К. Всехсвятский. – М. : Наука, 1967. – 87 с.
5. Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет 1971–1975 гг. / С. К. Всехсвятский. – К. : Наук. думка, 1979. – 115 с.
6. Физические величины 100 долгопериодических комет с учетом условия их видимости (1980-2004) / А. С. Гулиев, У. Д. Поладова, К. И. Чурюмов, Л. В. Чубко // Azerbaijani Astronomical Journal. – 2007. – 2, № 1–2. – С. 10-16.

7. А. С. Гулиев. Кривые блеска 50 комет, построенные с учетом условий их видимости и апертур телескопов / А. С. Гулиев, У. Д. Поладова // Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan. Series of physics-mathematical and technical sciences, physics and astronomy. – 2017. – XXXVII, № 2. – С. 175–180.

8. Гулиев А. С. Значения физических параметров ряда периодических комет, наблюдавшихся в период 1989–2002 гг. / А. С. Гулиев, К. И. Чурюмов, А. Ш. Байрамов // Азербайджанский астрономический журнал. – 2006. – Т. 1, № 1-2. – С. 10-17.

9. Guliyev A. S. The new formula for the determination of the visual magnitudes of comet / A. S. Guliyev, U. D. Poladova // Azerbaijani Astronomical Journal. – 2010. – Т. 4. – Р. 5–10.

Надійшла до редколегії 11.08.18

A. Guliev, Sr. Sci., Prof.,
U. Poladova, Dr. Sci.,
Nasir al-Din al-Tusi Shamakhi Astrophysical Observatory

ABSOLUTE BRIGHTNESS OF THE SET OF LONG-PERIODICAL COMETS 1990–2015

The values of the photometric parameter H_{10} for 69 long-period comets, observed in the period of 1990–2005 on the Vsekhsviatsky scale are calculated. The values of the parameters H_y and y from the Orlov equation for 56 of them are determined also. The intervals of heliocentric and geocentric distances corresponding to the observations of such comets are relatively longer. Calculations prove that the parameter H_{10} , entered by Vsekhsviatsky, still remains relevant for the predicting of the observed brightness of the comets and comparing various of cometary groups according to their average brightness. A total 6391 visual estimates from different sources were used in the calculating.

А. Гулієв, д-р фіз.-мат. наук, проф.,
У. Поладова, д-р фіз.-мат. наук,
Шамахіньська астрофізична обсерваторія імені Насреддіна Тусі НАН Азербайджана

АБСОЛЮТНИЙ БЛИСК РЯДУ ДОВГОПЕРІОДИЧНИХ КОМЕТ 1990–2015 рр.

Обчислено фотометричні параметри 69 довгоперіодичних комет, що спостерігалися протягом 1990–2005 рр. за шкалою Всесвятського (H_{10}). Для 56 із них визначено значення параметрів H_y та y з рівняння Орлова. Інтервали геліоцентричної та геоцентричної відстаней, що відповідають спостереженням таких комет, виявилися порівняно великими. Розрахунки вказують на те, що параметр H_{10} , уведений Всесвятським, при прогнозуванні спостережного блиску й порівнянні різних кометних груп за середнім блиском досі не втрачає актуальності. Загалом використано 6391 оцінку блиску з різних джерел.

УДК 524.1-52, 524.1-656

Р. Гнатик, інж.,
К. Винокурова, студ.,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ТЕВНОГО ДІАПАЗОНУ ВІД ЗАЛИШКУ НАДНОВОЇ ВІТРИЛА

Залишки наднових вважаються одними із основних джерел галактичних космічних променів (КП) з енергіями до 10^{17} еВ. Експериментальним підтвердженням присутності ядерного компонента КП у залишках є їхнє гамма-випромінювання дуже високих енергій (понад 100 ГеВ) як результат непружних зіткнень КП із мішенями-атомами міжзоряного середовища всередині та в околі залишків. У роботі розраховано очікувані потоки такого гамма-випромінювання від одного з найближчих до Землі залишків надкової Вітрила. Проаналізовано можливість ресстрації локалізованих джерел гамма-випромінювання всередині залишку, зумовлених присутністю областей підвищеної густини газу внаслідок випаровування міжзоряних хмарок за фронтом ударної хвилі залишку.

Ключові слова: космічні промені, гамма-випромінювання, залишки спалаху наднових, залишок Вітрила.

Вступ. Джерела та механізми прискорення космічних променів (КП) – потоку ядер, електронів та, у меншій кількості, античастинок з нетепловим степеневим енергетичним спектром, що простягається до енергій понад 10^{20} еВ, досі залишаються невідомими [9]. Теоретичні розрахунки [10] та експериментальні дані [11] свідчать про те, що дифузійне прискорення КП на фронтах ударних хвиль (механізм Фермі I роду) у галактичних джерелах, перш за все в залишках наднових (ЗН) зір, може бути відповідальним за спостережуваний потік КП з енергіями до $E \leq 10^{18}$ еВ. При цьому лептонний компонент КП (електрони, позитрони) упевнено маніфестується в ЗН завдяки синхротронному випромінюванню в турбулентному магнітному полі всередині ЗН. Водночас протонний та ядерний компоненти не є ефективними в синхротронному випромінюванні за типових параметрів КП і магнітних полів у ЗН, їхню присутність у ЗН можна виявити завдяки адронному механізму генерування гамма-випромінювання – розпаду нейтральних піонів, породжених при непружних зіткненнях КП із мішенями – атомами міжзоряного середовища всередині та в околі ЗН. Зараз відомо лише кілька ЗН із задетектованим гамма-потокотом адронного походження, у яких спостерігається взаємодія ЗН із молекулярними хмарами, що забезпечує необхідну концентрацію частинок – мішеней для КП [13]. У нашій роботі розраховано очікувані потоки такого гамма-випромінювання від залишку надкової Вітрила – одного з найближчих до Землі – який еволюціонує в захмареному міжзоряному середовищі [2, 4] і є потенційним кандидатом в адронні гамма-джерела.

Адронне гамма-випромінювання залишків наднових. Залишки наднових належать до потенційних джерел галактичних КП, у складі яких очікуються протони до енергій $E_p = 10^{12} - 10^{15}$ еВ та ядра заряду Z до енергій $E_z = ZE_p$ [3, 7, 9-11]. Розрахунок потоків гамма-випромінювання від ЗН проведемо з використанням алгоритму та формул із