

19. Tully R. Brent. Nearby Galaxies Atlas / Brent R. Tully, Richard J. Fisher // Cambridge University Press. – 1987.
 20. The Laniakea supercluster of galaxies / Brent R. Tully, H. Courtois, Y. Hoffman et al. // Nature. – 2014. – Vol. 513. – Issue 7516. – P. 71–73.
 21. Cosmicflows-2 : The Data / Brent R. Tully, H. Courtois, A. Dolphin et al. // The Astronomical Journal. – 2013. – Vol. 146. – Issue 4. – Article id. 86. – 25 pp.
 22. On the amplification of magnetic fields in cosmic filaments and galaxy cluster / F. Vazza, M. Bruggen, C. Gheller et al. // MNRAS. – 2014. – Vol. 445. – Issue 4. – P. 3706-3722. 23. Wykes S., Taylor A. M., Bray J. D., Hardcastle M. J., Hillas M., 2017; preprint (arXiv:1706.08229).

Надійшла до редколегії 30.10.18

В. Войцеховский, асп.,
 Б. Гнатык, д-р физ.-мат. наук, проф.,
 Ю. Кудря, канд. физ.-мат. наук, старш. науч. сотр.,
 Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

УСКОРЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ЛОКАЛЬНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Распределение вещества в Локальной Вселенной (до ~ 100 Мпк), особенно в районе Сверхскопления Девы (~ 20 Мпк), сильно неоднородно и включает в себя все элементы крупномасштабной структуры: галактики и их скопления, сверхскопления, филаменты, слою и пустоты (войды). Ожидается, что распределение внегалактического магнитного поля (ВГМП) соответствует распределению плотности барионного вещества. Космические лучи сверхвысоких энергий (КЛСВЭ) от внегалактических источников испытывают существенные отклонения в ВГМП, затрудняя поиск их источников. Кроме того, поток ядерного компонента КЛСВЭ ослабляется вследствие фото-дизинтеграции ядер при взаимодействии с фоновым микроволновым и инфракрасным излучением. В работе оценено влияние этих факторов на распространение КЛСВЭ от источников в Локальной Вселенной, в частности исследованы длина свободного пробега и магнитное отклонение ядер H (p), He, O, Si и Fe. Для потенциальных источников КЛСВЭ в Локальной Вселенной мы оценили типы и энергии ядер, которые могут достичь Земли и, в то же время, сохранить связь направлений прибытия с положением источника в пределах 30°.

Ключевые слова: крупномасштабная структура, Локальная Вселенная, межгалактические магнитные поля, космические лучи сверхвысоких энергий, активные ядра галактик, галактики со вспышкой звездообразования.

V. Voytsekhovsky, PhD stud.,
 B. Hnatyk, Dr. Sci., Prof.,
 Yu. Kudrya, Kand. Sci., Sen. Sci.,
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

ACCELERATION AND PROPAGATION OF ULTRA HIGH ENERGY COSMIC RAYS IN THE LOCAL UNIVERSE

Distribution of matter in the Local Universe (up to ~ 100 Mpc), especially in a Virgo Supercluster region (~20 Mpc) is strongly nonuniform and includes all elements of large scale structure: galaxies and their clusters, superclusters, filaments, sheets and voids. On its smallest scale, our Galaxy and its similar galaxy M31 (Andromeda Nebula) at a distance 770 kpc, together with dozens of dwarf galaxies, form the Local Group of Galaxies. Local group contained in Local Sheet – suchlike pancake concentration of galaxies with radius about 5 Mpc and thickness 1.5 Mpc. This structure is a part of Local Filament – cylindrical region with higher density of matter, that join us to more powerful filament, that concludes Virgo Supercluster and connects two highest matter concentrations in Local Universe – supercluster Great Attractor (70 Mpc) and Perseus-Pisces supercluster (60 Mpc). Extragalactic magnetic field (EGMF) distribution is expected to follow the baryonic matter density distribution. Ultra high energy cosmic rays (UHECRs, $E > 10^{18}$ eV) from extragalactic sources will undergo significant deviations in EGMF, which makes it difficult to search their sources. But for extremely high energy cosmic rays (EHCRs, $E > 5 \cdot 10^{19}$ eV), that are on the top of cosmic rays energy spectrum (the biggest detected energy of cosmic rays is above 10^{20} eV), influence of EGMF can be negligible, and their arrival direction can correlate with source position. They carry an important information, about the physics of fundamental interactions beyond the standard model, but still unknown to their origins and mechanisms of acceleration. In addition, a flux of nuclear component of UHECRs decreases in result of nuclear photo-disintegration due to interaction with microwave and infrared background. These processes are significant for protons (hydrogen nuclei), for which the major losses are born of electron-positron pairs and photo-pions reactions. For multi nucleon nuclei significant process of weakening is photo-disintegration with chemical composition change of main nuclei. In our work we estimate the influence of these factors on the propagation of the UHECRs from sources in the Local Universe, in particular we have investigated the mean free path and magnetic deflection of H(p), He, O, Si and Fe nuclei. For potential sources of UHECRs in the Local Universe, such as Virgo supercluster, Great Attractor and Perseus-Pisces supercluster, we have estimated types and energies of nuclei that can reach the Earth, and, in the same time, can save a connection of arrival directions with source position within 1 rad.

Key words: large scale structure, Local Universe, intergalactic magnetic fields, ultra high energy cosmic rays, active galactic nuclei, star-burst galaxies

УДК 524.1-52, 524.1-65

П. Плотко, студ.,
 Б. Гнатык, д-р физ.-мат. наук, проф.,
 Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ЗАЛИШОК НАДНОВОЇ ВІТРИЛА ТА ЇЇ ПУЛЬСАРНО-ВІТРОВА ТУМАННІСТЬ: ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ

Залишок наднової Вітрила (Vela SNR – один з найближчих до Землі) служить космічною лабораторією релятивістської та пульсарної астрофізики. Зокрема, його синхротронне радіовипромінювання визначається фізичними процесами як у самому залишку, так і в пульсарно-вітровій туманності (ПВТ), що заповнює центральну частину залишку. У роботі загальний радіопотік від залишку Вітрила розділений на потоки від залишку та від ПВТ. Показано, що потік від залишку реєструється в МГц-діапазоні і генерується в усьому об'ємі з постійною випромінювальною здатністю, тоді як потік від ПВТ реєструється в МГц- та ГГц-діапазонах і генерується у сферично-симетричному об'ємі ПВТ (МГц-гало компонент) та у двох додаткових джерелах: північному і південному "крилах" пульсара (МГц- та ГГц-крила).

Ключові слова: залишки наднових, залишок наднової Вітрила, пульсари, пульсарно-вітрові туманності, синхротронне випромінювання.

Вступ. Область залишку Вітрила (Vela SNR) – туманність Гама (Gum nebula) – включає ряд об'єктів, які в комплексі становлять яскравий приклад взаємодії в системі зорі – зоряно-вітрові бульбашки – залишки наднових – пульсари – пульсарно-вітрові туманності (ПВТ). У [11] обґрунтована фізична модель цього комплексу, у якій залишок наднової Vela SNR є результатом спалаху наднової 11 тис. років тому на границі оболонки радіусом близько 40 пк, видутій зоряним вітром подвійної зорі γ^2 Velorum у розрідженому міжзоряному середовищі зі значною концентрацією молекулярних хмарок, так що середня густина газу хмарок суттєво перевищує середню густину міжхмарного сере-

довища. Тому еволюція залишку Вітрила визначається втратами енергії на випаровування хмарок і, як наслідок, параметри плазми всередині залишку (густина, температура, магнітне поле, густина енергії космічних променів тощо) розподілені достатньо рівномірно, на відміну від випадку еволюції залишку в однорідному середовищі. Водночас різниця в середній густині газу перед і всередині бульбашки, видutoї зоряним вітром зорі γ^2 Vel, зумовлює різні розміри північно-східної ($R = 18$ пк) і південно-західної ($R = 23$ пк) півкуль залишку Вітрила. Така модель, як показано в [5], підтверджується даними радіовипромінювання залишку. Однак у [5] не враховувалась наявність ПБТ у центральній частині залишку. Тому в нашій роботі ми досліджуємо фізичні умови й характеристики синхротронного радіовипромінювання ПБТ залишку Вітрила.

Модель залишку Вітрила (Vela SNR). Радіоспостереження на частоті 408 МГц [1, 5] виявили велику, приблизно сферичну область радіовипромінювання залишку Вітрила (близько 8° у діаметрі) і меншу за розміром радіобульбашку розміром $4^\circ \times 3^\circ$ у центрі, а також області підвищеної яскравісної температури: Vela X, Vela Y, Vela Z, Vela W1 та Vela W2 (рис. 1). Ґрунтуючись на високому ступені поляризації та плоскому радіоспектрі, у [2] показано, що Vela X є ПБТ. Його геометричний центр зміщений приблизно на 1° (4 пк) від геометричного центра залишку, який збігається з положенням пульсара. Спектральна форма радіовипромінювання областей Vela W1-W2 подібна до спектрів Vela Z та Vela Y, що свідчить про їх однакову природу, тому їх ототожнюють із випромінюванням областей залишку Вітрила, які оточують ПБТ [1].

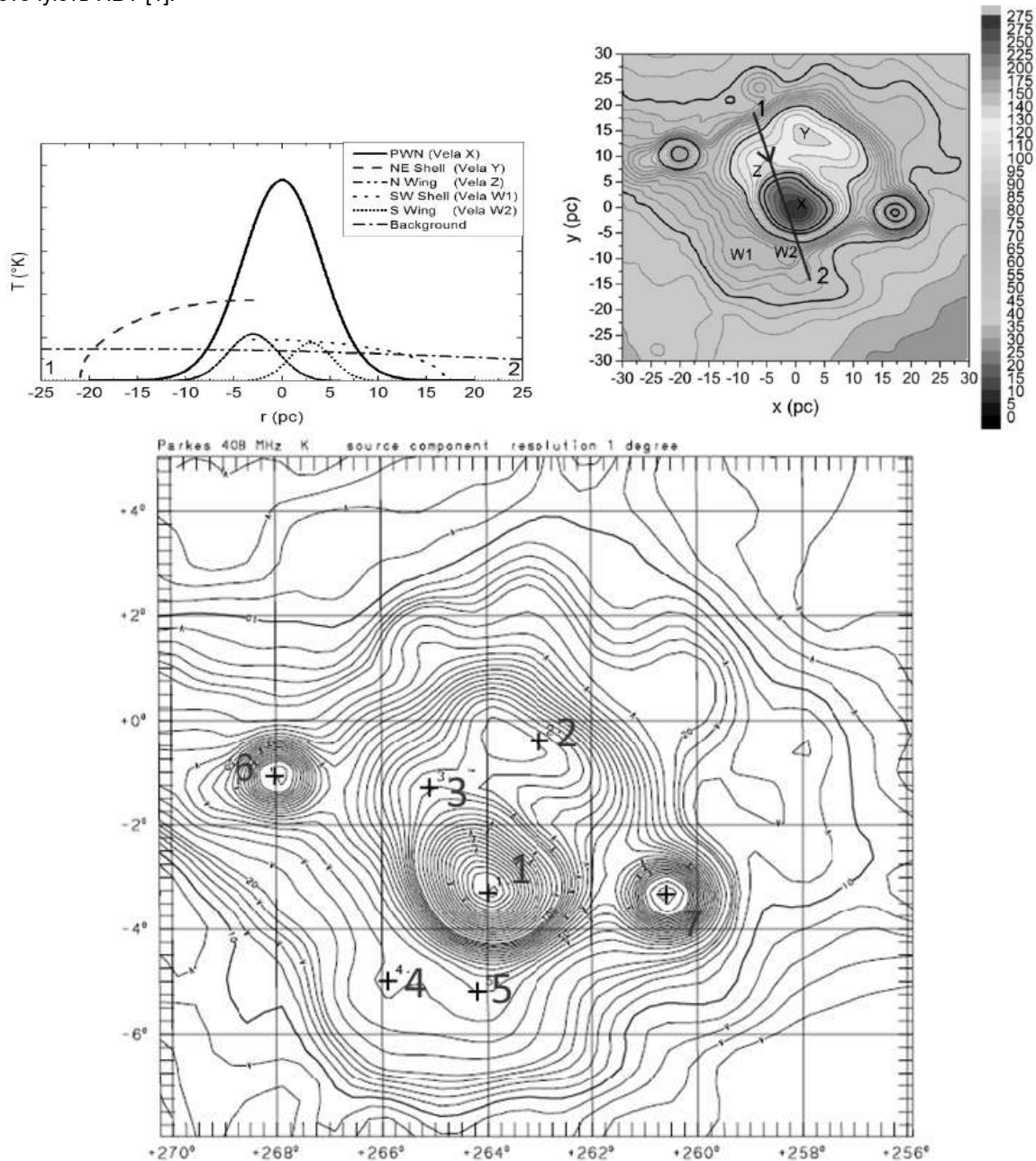


Рис. 1. Згори ліворуч – схематичний розріз випромінювання компонент Vela SNR уздовж ліній 1–2 (деталі див. у тексті). Знизу та згори праворуч – карти поверхневої яскравості залишку Вітрила на частоті 408 МГц [1] у галактичних координатах (знизу) і після віднімання фону у відповідних декартових координатах (згори праворуч). Максимуми 1–5 відповідають областям Vela X(1), Vela Y(2), Vela Z(3), Vela W1(4), Vela W2(5). 6–7 – джерела за межами Vela SNR

Пояснення нетипового розподілу поверхневої яскравості радіовипромінювання залишку (не сферично-симетричний розподіл з пояскаванням до краю як прояв оболонкоподібного залишку на седовській (адіабатичній) стадії еволюції) було запропоноване в роботі [5]. Модель базується на кількох припущеннях:

- наднова Вітрила вибухнула на межі бульбашки зоряного вітру сусідньої подвійної системи γ^2 Velorum (відстань 336 ± 36 пк, координати $l = 262.8^\circ$ та $b = -7.69^\circ$, радіус бульбашки 5°), тому північно-східні та південно-західні частини залишку оболонки розширювалися в середовищі з різною густиною;
- залишок розширюється в неоднорідному середовищі, у якому основна маса зосереджена в невеликих хмарах;
- релятивістські електрони, відповідальні за синхротронне радіовипромінювання, розподілені в півкулях залишку рівномірно;
- магнітне поле в півкулях залишку постійне.

Радіовипромінювання залишку наднової. Будемо вважати, що розподіл релятивістських електронів є степеневою функцією енергії [6]:

$$\frac{dN_e(r, \Gamma)}{d\Gamma} = K_e(r) \Gamma^{-\gamma}, \quad \Gamma_{\min} < \Gamma < \Gamma_{\max},$$

$$N_e = \int_{\Gamma_{\min}}^{\Gamma_{\max}} K_e(r) \Gamma^{-\gamma} d\Gamma,$$

де N_e – концентрація релятивістських електронів, Γ – лоренц-фактор, γ – показник спектра, K_e – коефіцієнт, у загальному випадку, як і N_e , є функцією від координат. Для такого спектра повна енергія, інжектована в електронах, визначається інтегралом по об'єму залишку V [6]:

$$E_e = \iint mc^2 \frac{dN_e}{d\Gamma} \Gamma^{-\gamma+1} d\Gamma dV = mc^2 \iint K_e(r) \Gamma^{-\gamma+1} d\Gamma dV \text{ ерг.}$$

Максимум потужності синхротронного випромінювання електрона з енергію $E = \Gamma m_e c^2$ у випадковому (невпорядкованому) магнітному полі B припадає на частоту [6]:

$$\nu_{ch} [\text{МГц}] = 190 \cdot \left[\frac{E}{1 \text{ Гев}} \right]^2 \left[\frac{B}{50 \text{ мкГ}} \right].$$

Спектральна випромінювальна здатність синхротронного випромінювання для основної ділянки МГц-ГГц спектра

з $\nu > \nu_{ch} [E_{\min}] = 190 \cdot \left[\frac{E_{\min}}{1 \text{ Гев}} \right]^2 \left[\frac{B}{50 \text{ мкГ}} \right] \text{ MHz}$ описується формулою [8]

$$j_\nu(\vec{r}) = 1.35 \cdot 10^{-22} \alpha(\gamma) B^{\frac{\gamma+1}{2}}(\vec{r}) \cdot \left(\frac{6.26 \cdot 10^{18} \text{ Hz}}{\nu} \right)^{\frac{\nu-1}{2}} (mc^2)^{\nu-1} \cdot K_e \frac{\text{ерг}}{\text{см}^3 \cdot \text{с} \cdot \text{ср} \cdot \text{Гц}},$$

де $\alpha(\gamma)$ – коефіцієнт, що враховує залежність параметрів моделі від γ [8].

Тоді спектральна інтенсивність синхротронного випромінювання з напрямку одиничного вектора \vec{n} визначається інтегралом уздовж променя зору:

$$I_\nu(\vec{n}) = \int_{L(\vec{n})} j_\nu(l) dl.$$

У радіоастрономії зазвичай замість інтенсивності використовують яскравісну температуру:

$$T_\nu = \left(\frac{c}{\nu} \right)^2 \frac{I_\nu}{2k} \text{ К.}$$

Спектральна густина потоку випромінювання

$$\Phi_\nu = \int I_\nu \cos(\theta) d\Omega \frac{\text{ерг}}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Гц}}.$$

Розглянемо два типові випадки:

1. Магнітне поле та концентрація електронів є в середньому постійними вздовж променя зору (випадок залишку без центральної ПВТ).

2. Магнітне поле аналогічне попередньому, а $K_e(\vec{r}) = K_e(r) = K_0 + A \cdot \exp(-r^2/2\sigma^2)$ (випадок сферичної компоненти та крил у ПВТ).

Для першого випадку інтенсивність випромінювання

$$I(\nu) = L \cdot 1.35 \cdot 10^{-22} \alpha(\gamma) B^{\frac{\gamma+1}{2}}(\vec{r}) \cdot \left(\frac{6.26 \cdot 10^{18} \text{ Hz}}{\nu} \right)^{\frac{\nu-1}{2}} (mc^2)^{\nu-1} \cdot K'_e \frac{\text{ерг}}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср} \cdot \text{Гц}},$$

де L – довжина зони випромінювання.

У другому випадку для обчислення будемо використовувати інтегральне перетворення Абеля [9]:

$$I(\nu, y) = \int_L j(\nu, r) dr = 2 \int_y^\infty \frac{j(\nu, r) r dr}{\sqrt{r^2 - y^2}} \quad j(\nu, r) = -\frac{1}{\pi} \int_r^\infty \frac{dl(\nu, y)}{dy} \frac{dy}{\sqrt{y^2 - r^2}}$$

Аналіз карт залишку Вітрила на частоті 408 МГц. Для аналізу використовувалися дані з [10]. Сумарна карта радіовипромінювання на частоті 408 МГц складається з (див. рис. 1):

- північної та південної оболонки, які мають вигляд півкуль; центр міститься в геометричному центрі системи [5];
- пульсарно-вітрової туманності, центр якої зміщений відносно геометричного центра системи [5];

- північного та південного пульсарних крил [4];
- фону.

Для моделювання карти радіовипромінювання залишку потрібно, знаючи координати, визначити яскравісну температуру. Перехід від відстані на промені зору до яскравісної температури був знайдений за допомогою формули з попереднього розділу:

$$T_{NE} [^{\circ}\text{K}] = \varepsilon_{NE} L = 2.37 \cdot L [\text{pc}];$$

$$T_{SW} [^{\circ}\text{K}] = \varepsilon_{SW} L = 0.54 \cdot L [\text{pc}].$$

Для знаходження L була використана математична модель: дві півкулі різного радіуса зі спільними центром та вісю симетрії (залишок Вітрила) зі сферичною порожниною в центральній області радіусом $R=8$ пк, яка відповідає ПВТ. Для опису розташування оболонки було введено кути (φ, θ) : φ навколо осі l та θ навколо осі b . Повороти відносно початкового положення див. на рис. 2, ліворуч: осі (x, y) збігаються з (l, b) .

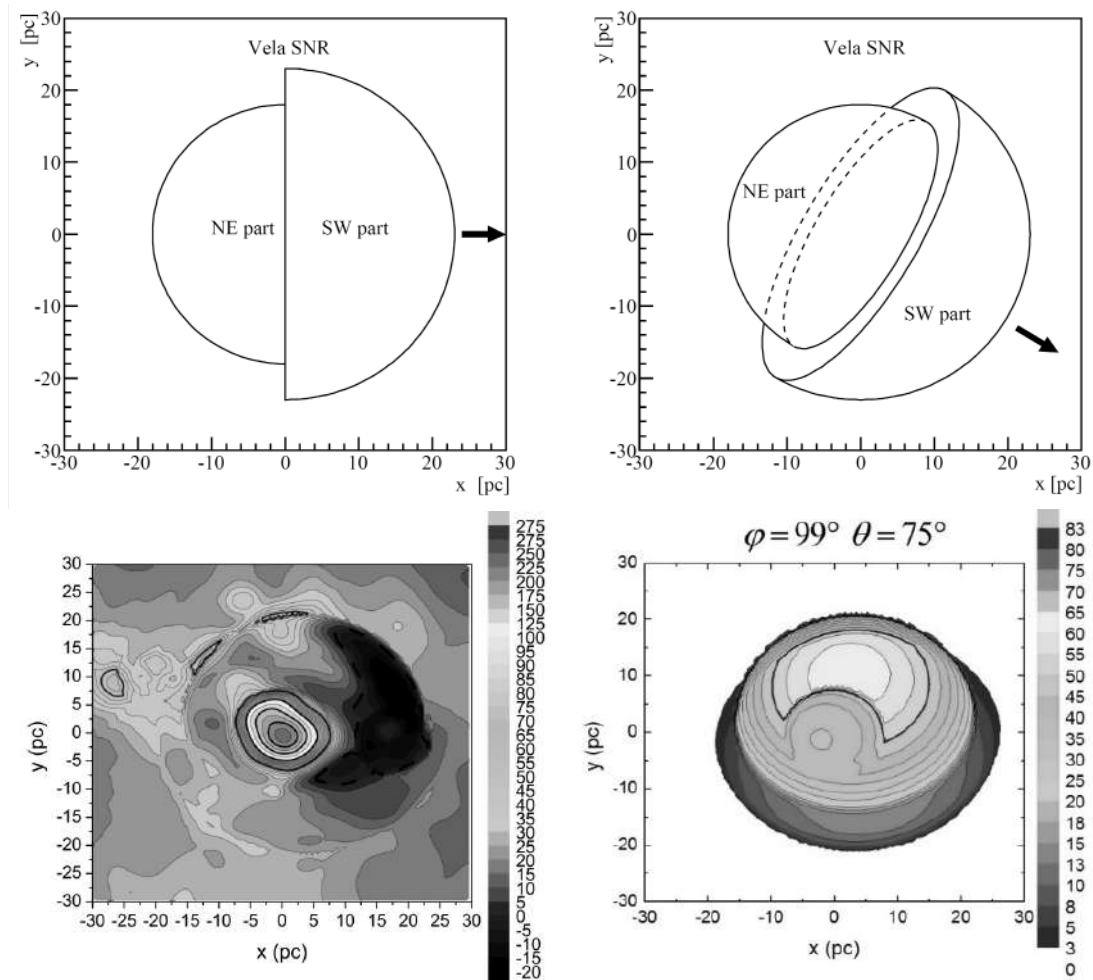


Рис. 2. Згори – схематичне зображення півкуль для $(\varphi, \theta) = (0, 0)$ (ліворуч) та $(\varphi, \theta) = (99, 75)$ (праворуч). Знизу – теоретична карта розподілу температури від оболонки Vela SNR (ліворуч) та радіокарта Vela SNR з віднятою оболонкою, фоном та незв'язними об'єктами (праворуч)

У моделі спалаху наднової в оболонці вітрової бульбашки площина перетину має бути перпендикулярна вектору, який з'єднує центри γ^2 Velorum та Vela SNR. Для такого положення були знайдені кути $\varphi = 99 \pm 2$, $\theta = 75 \pm 2$. Після цього була отримана карта оболонки (див. рис. 3, ліворуч), яку потім відняли від спостережуваної карти (див. рис. 3, праворуч) і для зручності перейшли до власної системи координат Vela PWN. Початок координат знаходиться в центрі PWN. Відстань до PWN вважаємо рівною $D = 287$ пк.

Для врахування фону було вибрано ділянку, у якій майже відсутні локальні джерела. Через близьке положення залишку Вітрила до площини Галактики вважати фон константою не є коректним. Апроксимація широтної залежності квадратичним поліномом має вигляд $T(b) = 30 - 0.078(b - b_0)^2$ к з $b_0 = -4$.

Характеристики об'єктів наведені в табл. 2.

Аналіз Vela X. Була вибрана ділянка з радіусом 5 пк навколо максимуму радіовипромінювання та апроксимована за допомогою функції Гауса:

$$T = T_0 + A \text{Exp} \left[-\frac{(x - x_0)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y - y_0)^2}{2\sigma_y^2} \right].$$

Після цього за допомогою отриманої апроксимації були оцінені параметри сферично-симетричного компонента ПВТ (рис. 3, ліворуч). Віднявши внесок цього компонента від початкової карти, ми виявили два додаткові локалізовані компоненти меншої амплітуди (рис. 3, праворуч). Важливо зазначити, що положення цих компонентів на карті ПВТ у ГГц-діапазоні збігається із так званими пульсарними крилами [4]. Кожне крило на карті 408 МГц було апроксимоване гауссіаном, дані апроксимації наведено в табл. 1. Були знайдені фізичні характеристики компонентів залишку наднової Вітрила (див. табл. 2).

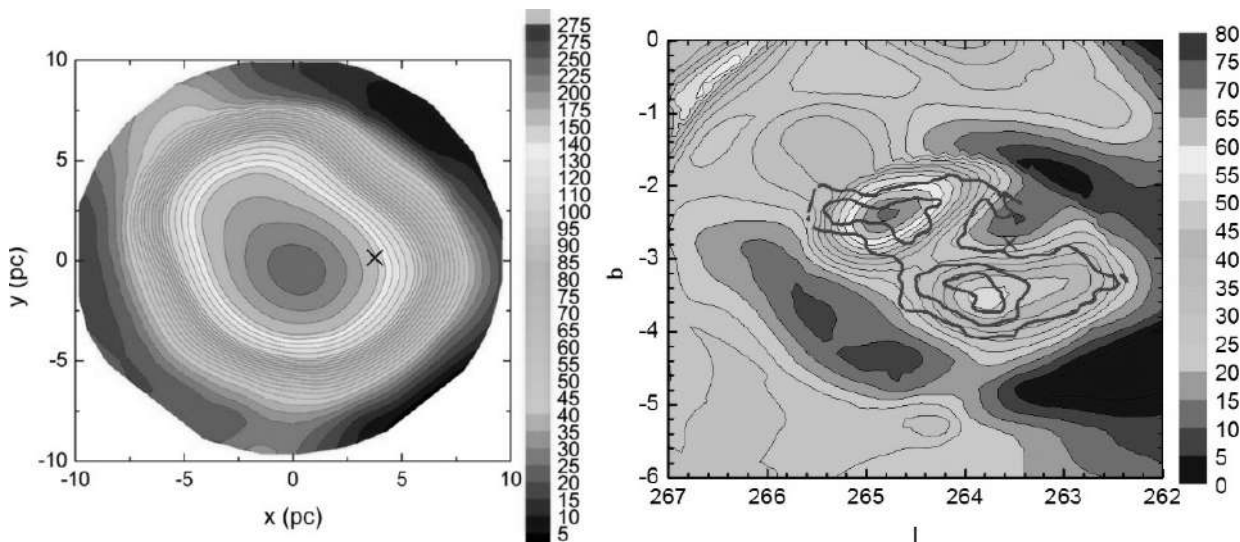


Рис. 3. Радіокарта Vela PWN (ліворуч) та радіокарта з віднятим сферичним компонентом (праворуч). Північна та південна області підвищеної яскравості відповідають північному та південному крилу, відповідно. Положення пульсара позначено хрестиком

Таблиця 1

Параметри апроксимації компонентів ПВТ

Компонент ПВТ / Параметр	Сф. компонент	N крило	S крило
χ^2	0.8787	0.863	0.923
T_0 [K]	31 ± 25	11 ± 8	21 ± 3
A [K]	204 ± 23	64 ± 8	44 ± 3
x_0 [пк]	-0.14 ± 0.04	-2.43 ± 0.05	0.93 ± 0.03
y_0 [пк]	0.05 ± 0.04	4.27 ± 0.04	-1.69 ± 0.03
σ_x [пк]	3.65 ± 0.35	2.9 ± 0.3	2.26 ± 0.15
σ_y [пк]	3.56 ± 0.35	3.5 ± 0.3	2.29 ± 0.15

Таблиця 2

Фізичні характеристики компонентів залишку наднової Вітрила

Компонент залишку / Параметр	ПВТ	N крило	S крило	NE частина залишку	SW частина залишку
Спектральний індекс γ	1.8 ± 0.1 [4]	1.8 ± 0.1 [4]		2.40 ± 0.09 [1]	
Магнітне поле [мк Г]	50 [5]	4.9 ± 0.8 [4]		46 [5]	30 [5]
Радіус [пк]	8*	3*	4*	18 [5]	23 [5]
Ne [10^{-9} см $^{-3}$]	$2.7 \pm 1^*$	$24 \pm 10^*$	$24 \pm 9^*$	0.91 ± 0.05 1.1 [5]	0.43 ± 0.03 0.5 [5]
W [10^{47} ерг]	$0.39 \pm 0.18^*$	$3.4 \pm 1.8^*$ 6.2 ± 1.2 [4]	$1.4 \pm 0.8^*$ 3.1 ± 0.5 [4]	3.6 ± 0.5 [5]	

“*” дані, отримані в цій роботі

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.

© Гулиев А., Поладова У., 2018