

Северный Полярный Шпур как джет нашей Галактики

А. П. Мирошниченко

*Радиоастрономический институт НАН Украины,
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: mir@ri.kharkov.ua*

Статья поступила в редакцию 24 марта 2008 г.

Крупномасштабная особенность фонового радиоизлучения Галактики – Северный Полярный Шпур – может быть джетом нашей Галактики. Джет, возможно, окружен протяженным коконом с диаметром порядка диаметра диска Галактики. Оцененные значения основных параметров джета (напряженность магнитного поля, спектральный индекс, радиосветимость, скорость распространения) близки к значениям этих параметров для джетов слабых радиогалактик. В отличие от популярной гипотезы об остатке сверхновой в рамках гипотезы о джете можно объяснить широтную зависимость интенсивности, структуру магнитного поля, распределение спектрального индекса для Северного Полярного Шпура.

Введение

Наибольшая интенсивность фонового радиоизлучения наблюдается в центральной области Галактики, в предполагаемом ядре. Свидетельством существования галактического ядра являются результаты наблюдений центра Галактики в радио-, инфракрасном, рентгеновском и гамма-диапазоне длин волн [1-3]. Еще в 1971 г. Д. Линден-Белл и М. Рис [4] пришли к выводу о том, что в центре Галактики, как и в ядрах радиогалактик и квазаров, находится черная дыра – источник активности ядра. Согласно последним данным радиоинтерферометрических наблюдений локализованного в центре Галактики источника Стрелец А [5] оценка массы черной дыры Галактики составляет $4 \cdot 10^6$ масс Солнца. Подтверждением активности ядра Галактики является не только интенсивное фоновое радиоизлучение, но и сильная переменность центрального источника Стрелец А. Кроме того, анализ распределения молекулярных облаков в направлении центра Галактики указывает на выброс газа из ядра Галактики [1, 6].

Более полувека исследуются неоднородности радиоизлучения Галактики (шпуры радио-

изофот), но их происхождение не имеет общепринятого объяснения. Популярная гипотеза о том, что шпуры могут являться остатками вспышек сверхновых звезд [7] сталкивается с рядом трудностей при соответствующей интерпретации [8-10]. В частности, известная крупномасштабная особенность галактического радиодна – Северный Полярный Шпур (СПШ) – не соответствует зависимости “поверхностная яркость – линейный размер”, установленной для остатков сверхновых [8]. Существенно, что в рамках упомянутой гипотезы нельзя объяснить как широтные вариации интенсивности СПШ [10], так и очень узкую область излучения, не похожие на свойства старых остатков вспышек сверхновых звезд.

В настоящей работе предполагается, что СПШ представляет собой струйный выброс – джет – нашей Галактики. Джеты являются типичными структурными особенностями различных источников, в том числе слабых радиогалактик [11]. Около 70 % этих галактик имеют джеты, часто окруженные протяженной оболочкой – коконом.

Нетепловое радиоизлучение СПШ соответствует предлагаемой гипотезе. На всех кар-

тах галактического радиодиска СПШ выглядит как полоса интенсивного радиоизлучения, выходящая из диска Галактики между галактическими долготами $l = 15 \div 45^\circ$, с центральной долготой $l = 30^\circ$ (см. рис. 1) [12, 13]. Интересно, что эта полоса почти перпендикулярна плоскости Галактики и простирается до галактической широты $b = 85^\circ$. Установлено, что СПШ имеет очень узкий перешеек вблизи плоскости Галактики [14].

Физические аргументы в пользу гипотезы о джете

Проведем анализ ключевых параметров СПШ для проверки предположения о джете. Принимаем, что расстояние от Солнца до центра Галактики составляет 10 кпк и в галактической системе координат Солнце имеет широту, равную 0° , и долготу, равную 180° . Тогда, при угловом размере СПШ около 30° , диаметр предполагаемого джета будет составлять $d = 1.7$ кпк, длина джета – порядка 5 кпк и расстояние от Солнца до джета будет иметь величину $R = 8$ кпк (см. рис. 2). Как известно [15], полутолщина Галактики в центральной области составляет лишь около 2 кпк. Таким образом, джет выходит за пределы Галактики.

Предполагаем также, что джет может быть окружен коконом с диаметром порядка диаметра диска Галактики [16, 17], который содержит тепловой газ, плазму и магнитное поле.

Предлагаемая интерпретация хорошо объясняет наблюдаемую структуру СПШ. Итак, если джет Галактики окружен протяженным коконом, тогда наблюдаемый край оболочки джета может размещаться на расстоянии порядка сотен парсек [18]. Действительно, известные данные о поляризации света звезд в направлении СПШ [19] и данные о поляризации Галактического радиоизлучения [20, 21] согласуются с гипотезой о существовании джета Галактики, окруженного протяженным коконом.

Как показывают наблюдения, джеты слабых радиогалактик обычно искривлены, особенно при выходе из галактического диска (они имеют S-форму), что может объясняться эффектом динамического давления вращающегося газового диска [11]. Радионаблюдения с высоким разрешением также обнаруживают, что джеты многих радиогалактик и квазаров имеют “щель” в распределении интенсивности между ядром объекта и видимым началом джета [11]. Наблюдаемая форма СПШ хорошо согласуется с этими

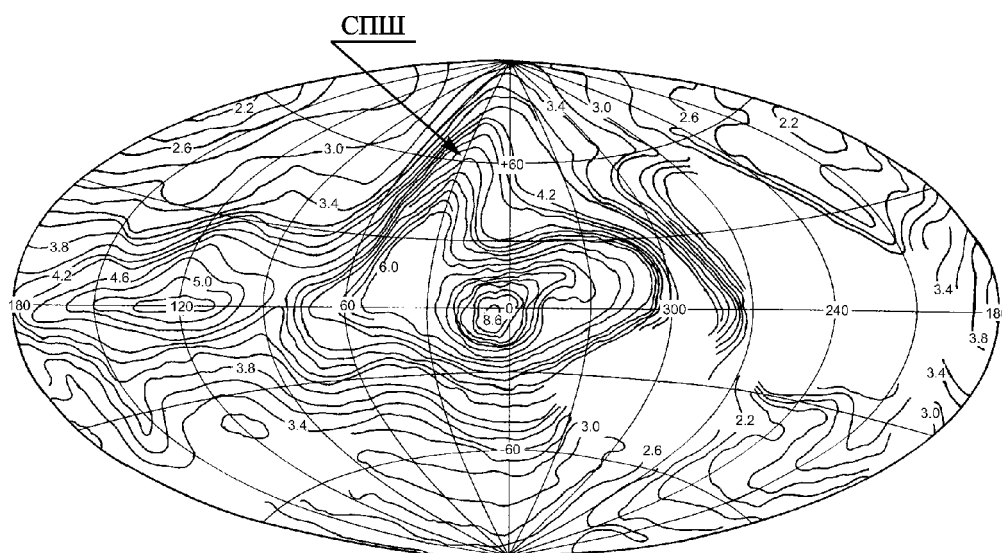


Рис. 1. Карта радиоизлучения Галактики на частоте 10 МГц (шкала изофот яркостной температуры в единицах 10^5 К)

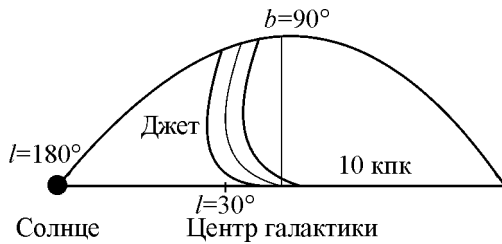


Рис. 2. Схема предполагаемой геометрии джета, выходящего из центра Галактики (джет изображен тремя линиями: средняя – ось джета, соответствующая галактической долготы 30° ; две боковые линии – края джета)

данными. Таким образом, не удивительно, что джет Галактики может не наблюдаться при нулевой галактической долготы, проявляясь при этом на галактической долготы 30° . Из-за того что Солнечная система находится на периферии Галактики, мы видим СПШ в профиль. Для ближней к нам стороны СПШ наблюдается более крутой градиент интенсивности, чем для внутренней стороны кокона, более далекой от нас. Кроме того, этот градиент соответствует внешней стороне изгиба СПШ. Подобное распределение интенсивности отмечается для слабых спиральных радиогалактик, джеты которых являются искривленными [11]. Авторы работ [22, 23] показали, что из-за конических ударных волн джет излучает преимущественно в пограничном слое, обнаруживая “уярчение лимба”. Вычисленное распределение интенсивности излучения джета в этом случае подтвердилось наблюдательными данными [11, 23-25].

Поскольку радиоизлучение СПШ нетепловое, его интенсивность особенно возрастает на низких радиочастотах. Поэтому представляет большой интерес рассмотрение характеристик СПШ с использованием данных на самой низкой частоте при наземных радионаблюдениях $\nu = 10$ МГц. В 1972 г. была получена карта галактического фонового излучения на 10 МГц [12, 13] с помощью специальной антенны, установленной в Радиоастрономической обсерватории Радиоастрономического института НАН Украины в с. Граково Харьковской обл. Антенна представляла

собой решетку из 48 турникетных вибраторов и обладала широкой диаграммой направленности (угловое разрешение 16.5°). По данной карте радифона можно определить, что среднее значение плотности потока в области СПШ составляет около 10^6 Ян на 10 МГц. Эта величина плотности потока соответствует средней яркостной температуре СПШ около $3.5 \cdot 10^5$ К. При нашей оценке расстояния до джета (8 кпк) получаем, что монохроматическая светимость СПШ составляет $\sim 10^{22}$ Вт/Гц на 10 МГц, а интегральная радиосветимость СПШ имеет величину $\sim 10^{38}$ эрг/с. Эта оценка близка к значениям светимости для слабых радиогалактик.

Используем радиоизофоты из указанного выше обзора Галактики на 10 МГц и обзора Галактики с аналогичным разрешением ($\sim 17^\circ$) на 200 МГц [26] для оценки значения среднего спектрального индекса вдоль центральной галактической долготы СПШ ($l = 30^\circ$). Итак, величина среднего спектрального индекса СПШ на $l = 30^\circ$ составляет $\langle \alpha_{10-200} \rangle = 0.55 \pm 0.07$, что близко к величинам спектральных индексов джетов галактик и квазаров (их характерные значения – около 0.6 [27]). Были также рассмотрены имеющиеся спектральные данные по радионаблюдениям СПШ с высоким разрешением. На более высоких частотах (240 ÷ 820 МГц) спектральный индекс СПШ равен 0.65 ± 0.02 [28]. Для интервала частот от 22 до 408 МГц средний спектральный индекс имеет значение 0.51 ± 0.05 [29].

Радиоизлучение СПШ является высокополяризованным, указывая на синхротронный механизм излучения. Например, степень поляризации излучения СПШ на 1411 МГц достигает $p = 0.7$ [28]. Известно, что для степенного распределения релятивистских электронов по энергиям ($N \sim E^{-\gamma}$) справедливо соотношение [30]:

$$p = \frac{\gamma + 1}{\gamma + 7/3}, \quad (1)$$

где $\gamma = 2\alpha + 1$ – показатель в распределении электронов по энергиям. Согласно (1) при

$p = 0.7$ имеем $\gamma = 2.11$, т. е. значение соответствующего спектрального индекса α равно 0.56. Как видим, эта оценка близка к полученному нами среднему значению спектрального индекса СПШ.

Предполагая условие равномерного распределения энергии между релятивистскими частицами и магнитным полем [30] и используя наши данные для СПШ (для частоты $\nu = 10$ МГц), можно оценить напряженность магнитного поля в СПШ:

$$B = \left[48kA(\gamma, \nu) \frac{S_\nu}{R\varphi^3} \right]^{3/7}, \quad (2)$$

где $k = 100$ – отношение энергий протонов и электронов; $A(\gamma, \nu)$ – табулированная функция [30]; S_ν – плотность потока излучения на частоте ν ; $\varphi = d/R$ – угловой размер джета. При $d = 1.7$ кпк и $R = 8$ кпк из выражения (2) следует, что величина $B \approx 10^{-5}$ Гс, и это значение является близким к значениям напряженности магнитного поля джетов других галактик.

Оценим теперь напряженность магнитного поля СПШ другим способом, используя данные для СПШ в рентгеновском диапазоне. Известно, что в окрестности СПШ обнаружено мягкое рентгеновское излучение в основном с энергией $E \approx 260$ эВ [31, 32]. Релятивистские электроны, дающие синхротронное радиоизлучение, могут рассеивать фотоны микроволнового фона, увеличивая энергию микроволновых фотонов до энергий рентгеновских фотонов (обратный Комптон-эффект) [33, 34]. При этом предположении для характерной энергии рентгеновских фотонов в СПШ $\langle E \rangle = 260$ эВ и для частоты синхротронного излучения релятивистских электронов $\nu = 10$ МГц можно оценить напряженность магнитного поля B в СПШ из соотношения [33]:

$$\langle E \rangle = 0.9 \cdot 10^2 \frac{T}{B} \nu, \quad (3)$$

где температура микроволнового фона $T = 2.7$ К; E выражается в электрон-вольтах, B – в микрогауссах, ν – в мегагерцах. Найденное значение величины напряженности маг-

нитного поля СПШ B из выражения (3) составляет 10^{-5} Гс, т. е. совпадает с нашей предыдущей оценкой, полученной из (2). Следует заметить, что направление магнитного поля СПШ почти перпендикулярно к оси СПШ для галактических широт $b < 40^\circ$, и становится почти параллельным к оси СПШ для $b > 40^\circ$ [35]. Подобная структура магнитного поля типична для джетов слабых радиогалактик, особенно в области искривления джета [11]. А, как известно, наша Галактика также является слабой радиогалактикой. Для найденного значения напряженности магнитного поля СПШ соответствующее значение времени синхротронного высвечивания t релятивистских электронов в декаметровом диапазоне ($\nu = 10$ МГц) составляет 10^8 лет, что совпадает с характерным временем активности галактик и квазаров [36, 37]. Величину t мы оценили из выражения [38]:

$$\nu = 340B^{-3}t^{-2}, \quad (4)$$

где ν – выражается в мегагерцах, B – в микрогауссах.

Очень важно оценить скорость распространения СПШ как джета нашей Галактики. С этой целью предположим, что наблюдаемое укрупнение спектрального индекса вдоль центральной долготы СПШ обусловлено синхротронным высвечиванием релятивистских электронов в джете за характерное время t_α [39]. Тогда можно применить следующее соотношение для изменения спектрального индекса в радиоисточнике [40]:

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{2\alpha_0 - 1}{\ln\left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)} \ln\left(\frac{1 - \mu B^2 E_1 t_\alpha}{1 - \mu B^2 E_2 t_\alpha}\right), \quad (5)$$

где α , α_0 – спектральные индексы в интервале частот от ν_1 до ν_2 , наблюдаемые в различных частях данного радиообъекта; $\mu = 1.57 \cdot 10^{-3}$; $E_i = \left(\frac{\nu_i}{1.41 \cdot 10^{18} B}\right)^{1/2}$. Определяем из вышеупомянутых карт радифона Галактики, что

на уровнях галактических широт $b = 10^\circ$ и $b = 20^\circ$ вдоль центральной долготы спектральные индексы (в интервале частот $10 \div 200$ МГц) имеют значения 0.43 и 0.56 соответственно. В этом случае из выражения (5) получаем $t_\alpha \sim 10^8$ лет (при параметрах СПШ: $B = 10^{-5}$ Гс, $\alpha_0 = 0.43$, $\alpha = 0.56$, $v_1 = 10$ МГц, $v_2 = 200$ МГц), это значение совпадает с оценкой характерного времени t , полученной выше из (4). В свою очередь, величина t_α позволяет оценить скорость распространения джета V_j :

$$V_j = \frac{\Delta r}{t_\alpha}, \quad (6)$$

где Δr – линейное разнесение частей СПШ с соответствующими спектральными индексами α_0 и α , которые наблюдаются вдоль центральной долготы СПШ. При расстоянии до СПШ $R \sim 8$ кпк из (6) получаем $\Delta r = 1.4$ кпк и $V_j = 2.7 \cdot 10^6$ см/с, т. е. $V_j \sim 10^{-4} c$, где c – скорость света. Такое значение скорости распространения СПШ V_j вполне приемлемо для джета очень слабой радиогалактики, какой и является наша Галактика. Используя оценку V_j , а также условие равномерного распределения энергии магнитного поля и энергии релятивистских частиц, находим светимость СПШ как для джета [41]:

$$L_j = \frac{7}{18} B^2 r_j^2 V_j, \quad (7)$$

где r_j – радиус джета (радиус СПШ $r_j = 0.5d = 0.85$ кпк). Итак, для параметров СПШ получаем из (7) оценку $L_j \sim 10^{38}$ эрг/с, что совпадает со значением радиосветимости СПШ, ранее определенным нами по наблюдаемой плотности радиопотока СПШ. Интересно, что в области СПШ было обнаружено возрастание градиента в распределении нейтрального водорода, и радиальные скорости водорода имеют значения 40 км/с [28]. Согласно данным [42] эти скорости достигают 100 км/с, более того, максимальная лучевая скорость нейтрального водорода наблюдается в направлении СПШ при гелиоцентри-

ческом расстоянии именно 8 кпк (см. [42]). Таким образом, движение газа от плоскости Галактики вдоль СПШ может быть обусловлено движением джета.

Из поляризационных данных известно, что средняя мера фарадеевского вращения плоскости поляризации в области СПШ $F = 4$ рад/м² [43]. Зная это значение, можно определить концентрацию тепловых электронов n_e [40]:

$$n_e = \frac{F}{1600 B d}. \quad (8)$$

Для джета с диаметром $d = 1.7$ кпк и напряженностью магнитного поля $B = 10^{-5}$ Гс из (8) получаем $n_e = 1 \cdot 10^{-4}$ см⁻³. Найденное значение n_e соответствует данным для джетов галактик и квазаров [11, 27].

Хорошо согласуется также с нашей гипотезой взаимодействие СПШ с Местным Пузырем (Local Bubble), установленное по рентгеновским данным [44]. Действительно, протяженная оболочка джета (кокон) может взаимодействовать с Местным Пузырем, поскольку край оболочки СПШ может находиться всего в нескольких сотнях парсек от Солнца.

Для исследования тонкой структуры джета Галактики используем известные радиоизотопы СПШ на частоте $\nu = 240$ МГц [14], которые были получены с разрешением $\sim 1^\circ$ в интервале галактических широт $b = 10 \div 40^\circ$. По этим данным выделяем четыре компактных области большой интенсивности вдоль центральной долготы СПШ ($l = 30^\circ$). Вероятно, эти компактные области могут соответствовать узлам джета. Интересно, что одна из компактных областей очень близка к яркой области с высокой поляризацией излучения на 1415 МГц (из карты [35]). Более того, и при высокой галактической широте $b = 60^\circ$ в СПШ видна яркая компактная область поляризованного излучения на 1415 МГц (из карты [43]). Указанная тонкая структура СПШ заметна также и на картах других авторов [29, 45].

Как известно, джеты слабых радиогалактик чаще всего являются спаренными, проявляясь в виде джета и контрджета [11]. В этой связи предположим, что крупномасштабная

особенность радиофона в южном галактическом полушарии на 10 МГц (карта [46]) может представлять собой контрджет для СПШ. Существенно, что данный южный шпур радиоизотоп выходит из плоскости Галактики при долготе $l = 0^\circ$ и распространяется к высоким южным широтам.

Заключение

Результаты и количественного, и качественного анализов физических параметров СПШ не противоречат предлагаемой гипотезе о джете Галактики. В частности, оцененные значения основных параметров джета Млечного Пути (напряженность магнитного поля, спектральный индекс, радиосветимость, скорость распространения) близки к соответствующим значениям для джетов слабых радиогалактик.

Кроме того, проведенные расчеты указывают на то, что наша Галактика имеет джет с протяженной оболочкой – коконом. Отметим, что все наблюдательные данные для СПШ согласуются с предположением о джете. В отличие от гипотезы об остатке сверхновой в рамках гипотезы о джете объясняются широтная зависимость интенсивности СПШ, распределение спектрального индекса вдоль СПШ, структура магнитного поля СПШ.

Автор выражает благодарность В. Н. Мельнику за обсуждение работы, Х. Кейн и У. Эрикссону за любезно предоставленную карту фона Южного неба на 10 МГц, а также рецензенту за полезные замечания.

Литература

- Оорт Я. Движение газа в центральной области и его интерпретация / В сб. Центр Галактики. – М.: Мир, 1984. – С. 228-287.
- Меттсон Д. Наблюдения непрерывного рентгеновского и гамма-излучения галактического центра / В сб. Центр Галактики. – М.: Мир, 1984. – С. 131-158.
- Гэтли Я. Инфракрасные наблюдения галактического центра / В сб. Центр Галактики. – М.: Мир, 1984. – С. 40-49.
- Lynden-Bell D., Rees M. On quasars, dust and the galactic centre // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* – 1971. – Vol. 152. – P. 461-475.
- Shen Z.-Q. A size of 1 AU for Sagittarius A // *Newsletter*. – 2006. – Vol. 106. – P. 10-12.
- Гюстен Р. Молекулярный газ в окрестности центра Галактики – последние результаты радиоастрономических исследований / В сб. Центр Галактики. – М.: Мир, 1984. – С. 22-25.
- Hanbury Brown R., Davies R., Hazard C. A curious feature of the radio sky // *Observatory*. – 1960. – Vol. 80. – P. 191-198.
- Seaquist E. On the North Polar Spur as a supernova remnant // *Observatory*. – 1968. – Vol. 88. – P. 269-270.
- Haslam C., Kahn F., Meaburn J. Loop structures // *Astron. Astrophys.* – 1971. – Vol. 12. – P. 388-397.
- Berkhuijsen E., Haslam C., Salter C. Are the galactic loops supernova remnants? // *Astron. Astrophys.* – 1971. – Vol. 14. – P. 252-262.
- Bridle A., Perley R. Extragalactic radio jets // *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* – 1984. – Vol. 22. – P. 319-358.
- Ткаченко А. П. Исследование фоновой компоненты космического радиоизлучения: Дипломная работа (рукопись): 01.02.03. – Харьков: ИРЭ АН УССР, 1972. – 82 с.
- Антонов А. В. Исследование радиоизлучения космического фона на частоте 10 МГц // *Известия вузов. Радиофизика*. – 1973. – Т. 16. – С. 759-761.
- Haslam C., Large M., Quigley M. A radio study of the North Polar Spur // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* – 1964. – Vol. 127. – P. 273-285.
- Физика космоса / Под ред. Р. А. Сюняева. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 784 с.
- Miroshnichenko A. P. New interpretation of the North Polar Spur // *Abstract book at IAU XXV General Assembly*. – Sydney (Australia). – 2003. – P. 248.
- Miroshnichenko A. P. About the jet of our Galaxy // *Abstracts of JENAM 2003*. – Budapest (Hungary). – 2003. – P. 22.
- Miroshnichenko A. P. On a possible jet of our Galaxy // *Baltic Astronomy*. – 2005. – Vol. 14. – P. 443-445.
- Mattewson D. The local galactic magnetic field and the nature of the radio spurs // *Astrophys. J.* – 1968. – Vol. 153. – P. L47-L53.
- Wilkinson A., Smith F. Characteristics of the local magnetic field determined by background polarization surveys // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* – 1974. – Vol. 167. – P. 593-611.
- Spoelstra T. Linear polarization of the galactic radio emission at frequencies between 408 and 1411 MHz // *Astron. Astrophys.* – 1984. – Vol. 135. – P. 238-248.
- Lind K., Blandford R. Semidynamical models of radio jets // *Astrophys. J.* – 1985. – Vol. 295. – P. 358-367.
- Komissarov S. A theoretical model of Fanaroff-Riley jets // *Astrophys. Space Sci.* – 1990. – Vol. 165. – P. 325-342.
- Wrobel J. Photometric variability and astrometric stability of the radio continuum nucleus in the Seyfert galaxy N6C5548 // *Astrophys. J.* – 2000. – Vol. 531. – P. 716-726.

25. Lara L., Cotton W., Feretti L., et al. A new sample of large angular size radio galaxies. I // Prepr. NRAO-011003. – 2001. – 51 p.
26. Droege F., Priester W. Durchmusterung der allgemeinen radio frequenz-strahlung bei 200 MHz // Zeit. für Astroph. – 1956. – Vol. 40. – P. 236-248.
27. Fomalont E. A summary of properties of radio jets / In Astrophysical Jets/ Eds. A. Ferrari and A. Pacholczyk. – Dordrecht: Reidel, 1983. – P. 37-46.
28. Berkhuijsen E. A survey of the continuum radiation at 820 MHz between declinations -7° and $+85^\circ$ // Astron. Astrophys. – 1971. – Vol. 14. – P. 359-386.
29. Roger R., Costain C., Landecker T., Swerdlyk C. The radio emission from the Galaxy at 22 MHz // Astron. Astrophys. Suppl. – 1999. – Vol. 137. – P. 7-19.
30. Гинзбург В. Л. Теоретическая физика и астрофизика. – М.: Наука, 1987. – 488 с.
31. Bunner A., Coleman P., Kraushaar W., Mc Cammon D. Soft X-rays from the vicinity of the North Polar Spur // Astrophys. J. – 1972. – Vol. 172. – P. L67-L72.
32. Willingate R., Hands A., Warwick R. et al. The X-ray spectrum of the North Polar Spur // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. – 2003. – Vol. 343. – P. 995-1001.
33. Felten J., Morrison P. Omnidirectional inverse Compton and synchrotron radiation from cosmic distributions of fast electron and thermal photons // Astrophys. J. – 1966. – Vol. 146. – P. 686-707.
34. Brunetti G., Setti G., Comastri A. On the X-ray emission from the powerful radio galaxies / In Extragalactic Radio Sources / Eds. R. Ekers, C. Fanti, L. Padrielli. – Dordrecht: Reidel, 1996. – P. 407-408.
35. Spoelstra T. A survey of linear polarization at 1415 MHz. II // Astron. Astrophys. – 1971. – Vol. 13. – P. 237-248.
36. Miroshnichenko A. P. The nuclei activity recurrence and the luminosity periodicity of quasars and galaxies // Kinem. Phys. Celest. Bod. – 2000. – Vol. 3. – P. 117-120.
37. Martini P., Weinberg D. Quasar clustering and the lifetime of quasars // Astrophys. J. – 2001. – Vol. 547. – P. 12-26.
38. Кардашев Н. С. Нестационарность спектров молодых источников нетеплового космического радиоизлучения // Астрон. Ж. – 1962. – Т. 39. – С. 393-409.
39. Мірошніченко А. П. Галактики і квазари з джеговою структурою // Журнал фізичних досліджень. – 2007. – Т. 11. – С. 463-467.
40. Горбацкий В. Г. Введение в физику галактик и скоплений галактик. – М.: Наука, 1986. – 256 с.
41. Leahy J. Interpretation of large scale extragalactic jets / In Beams and Jets in Astrophysics N19 / Ed. P. Hygges, – Cambridge: Cambridge Astrophysics Series, 1991. – P. 100.
42. Nakanishi H., Sofue Y. Three-dimensional distribution of the ISM in the Milky Way Galaxy. I // Astro-ph/0304338 v.1. – 2003. – 21 p.
43. Spoelstra T. A survey of linear polarization at 1415 MHz. IV // Astron. Astrophys. – 1972. – Vol. 21. – P. 61-84.
44. Egger R., Aschenleach B. Interaction of the Loop I supershell with the Local Hot Bubble // Astron. Astrophys. – 1995. – Vol. 294. – P. L25-L28.
45. Haslam C., Salter C., Stottel H., Wilson W. A 408 MHz all-sky continuum survey. II // Astron. Astrophys. Suppl. – 1982. – Vol. 47. – P. 1-142.
46. Cane H., Erickson W. A 10 MHz map of the Galaxy // Radio Sci. – 2001. – Vol. 36. – P. 1765-1767.

Північний Полярний Шпур як джет нашої Галактики

А. П. Мірошніченко

Великомасштабна особливість фонового радіовипромінювання Галактики – Північний Полярний Шпур – може бути джетом нашої Галактики. Джет, можливо, оточений протяжним коконом з діаметром, близьким до діаметра диска Галактики. Оцінені значення основних параметрів джета (напруженість магнітного поля, спектральний індекс, радіосвітність, швидкість поширення) близькі до значень цих параметрів для джетів слабких радіогалактик. На відміну від популярної гіпотези про залишок наднової, в межах гіпотези про джет можна пояснити широтну залежність інтенсивності, структуру магнітного поля, розподіл спектрального індекса для Північного Полярного Шпура.

The North Polar Spur as a Jet of Our Galaxy

A. P. Miroshnichenko

The large-scale feature of the Galactic background radio emission, the North Polar Spur, may be a jet of our Galaxy. The jet may be enveloped in an extended cocoon with the diameter of order of the Galactic disk diameter. The estimated values of the main parameters of the jet (the magnetic field strength, the spectral index, the radio luminosity, the propagation velocity) are close to the corresponding values for the jets of weak radio galaxies. In contrast to the popular supernova remnant hypothesis, in the framework of the jet hypothesis it is possible to explain the latitudinal dependence of intensity, the magnetic field structure and the spectral index distribution in the North Polar Spur.