**Модель изменения фазы крупномасштабной анизотропии галактических космических лучей**

А. И. Перятинская1,2 , И. А. Кудряшов1

*1* [*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына*](https://istina.msu.ru/organizations/department/276074/)

*2Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия*

E–mail: szsalexvay@gmail.com

 Существуют две основных гипотезы возникновения анизотропии космических лучей. Первая — это влияние близких источников, таких как остатки сверхновых, к примеру, RX J0852.0-4622 (Vela Junior) и пульсаров, к примеру, PSR J0633+1746 (Geminga) [1]. Близкие источники могут создавать анизотропию, изменяя пространственное распределение частиц в области наблюдения [2 — 5]. Вторая гипотеза — это влияние местного межзвездного магнитного поля, которое может отклонять частицы так, что диффузия космических лучей становится анизотропной, то есть вдоль направления поля она сильнее, чем в перпендикулярном направлении [6 —8]. Также в некоторых работах рассматривается комбинация описанных гипотез [9]. Однако при таком макроскопическом подходе не учитываются локальные особенности поля в точке наблюдения.

 Для того, чтобы учесть влияние особенностей магнитного поля в данной работе используется микроскопический подход. Он заключается в определении зоны перехода одномерной диффузии вдоль магнитной линии в классическую анизотропную диффузию. В этой части пространства рассматривается взаимный транспорт магнитных линий и частиц с энергиями, при которых происходит смена фаз анизотропии.

 В данной работе показано, что изменение фазы анизотропии при увеличении энергии связано со сменой доминирующего механизма распространения ГКЛ. При низких энергиях (до 2×10^5 ГэВ) движение заряженных частиц определяется конфигурацией магнитного поля: каждая частица летит преимущественно вдоль одной и той же магнитной линии на протяжении всего своего пути. При этом к наблюдателю частицы низких энергий прилетают преимущественно из направления, задаваемого соответствующей магнитной линией. На высоких энергиях (от 2×10^8 ГэВ) рассеяние на небольших неоднородностях становится малым, из-за чего ГКЛ сохраняют первоначальное направление дольше. В этом случае фаза анизотропии в основном определяется структурой крупных областей магнитного поля и расположением ближайших источников.

1. *A. U. Abeysekara [et al.]* / Extended gamma-ray sources around pulsars constrain the origin of the positron flux at Earth // Science. — 2017. — Vol. 358. — P. 911–914. — DOI: 10.1126/science.aan4880. — URL:https://science.sciencemag.org/content/358/6365/911.

2. *Erlykin A., Wolfendale A*. / The Anisotropy of Galactic Cosmic Rays as a Product of Stochastic Supernova Explosions // Astropart. Phys. — 2006. — Vol. 25. — P. 183–194. — DOI: 10.1016/j.astropartphys.2006.04.001.

3. *Blasi P., Amato E.* / Diffusive Propagation of Cosmic Rays from Supernova Remnants in the Galaxy. II: Anisotropy // J. Cosmol. Astropart. Phys. — 2012. — Vol. 2012. — P. 011. — DOI: 10 . 1088 / 1475 -7516/2012/01/011.31

4. *Sveshnikova L., Strelnikova O., Ptuskin V.* / Spectrum and Anisotropy of Cosmic Rays at TeV–PeV-Energies and Contribution of Nearby Sources //Astropart. Phys. — 2013. — Vol. 50–52. — P. 33–46. — DOI: 10.1016/ j.astropartphys.2013.08.007.

5. *W. Liu [et al.]* / Excesses of Cosmic Ray Spectra from a Single Nearby Source // Phys. Rev. D. — 2017. — Vol. 96, no. 2. — P. 023006. — DOI: 10.1103/PhysRevD.96.023006.

6. *C. Evoli [et al.]* / Common Solution to the Cosmic Ray Anisotropy and Gradient Problems // Physical Review Letters. — 2012. — Vol. 108. — P. 211102. — DOI: 10.1103/PhysRevLett.108.211102.

7. *Tomassetti N.* / Origin of the Cosmic-Ray Spectral Hardening // Astrophysical Journal Letters. — 2012. — Vol. 752. — P. L13. — DOI: 10.1088/2041-8205/752/1/L13.

8. *Guo Y.-Q., Tian Z., Liu C*. / Spatial-dependent Propagation of Cosmic Rays Results in the Spectrum of Proton, Ratios of P/P, and B/C, and Anisotropy of Nuclei // Astrophysical Journal. — 2016. — Vol. 819. — P. 54. — DOI: 10.3847/0004-637X/819/1/54.

9. *A. Li [et al.]* / A scenario for the anisotropy of galactic cosmic rays related to nearby source and local interstellar magnetic field// arXiv. — 2021. — arXiv: 2107.00313 [astro-ph.HE].

10. *A. Li [et al.]* / Interpretation of the Spectra and Anisotropy of Galactic Cosmic Rays // Universe. — 2022. — Vol. 8, no. 6. — ISSN 2218-1997. — DOI: 10.3390/universe8060307. — URL: https://www.mdpi.com/2218-1997/8/6/307.