

а) Распределение спектральных индексов, встречающихся в объектах каталога 3CR; б) то же для спектров радиоизлучения нормальных спиральных распределение *в*) галактик: спектральных индексов объектов каталога 3CR в первом максимуме; изъяты спектры. индексы которых могут быть заведомо завышены из-за влияния галоподобных радиоструктур; штриховой линией указаны теоретические пределы распределения; г) распределеспектральных индексов ние спектров галоподобных радиоструктур объектов каталога 3CR.

4. Обнаружено, что в темных промежутках между гранулами имеет место градиент скоростей, растущий с высотой в атмосфере. В высоких слоях атмосферы нарушается корреляция между распределением яркости в фотосфере и лучевыми скоростями.

5. Показано, что вне активных процессов средние размеры элементов хромосферы почти вдвое превышают мелкие фотосферные элементы и составляют 500-600 км по эффективному диаметру.

В. Н. Курильчик. Релявистские электроныво внегалактических радиоисточниках

Анализ непрерывных спектров радиоизлучения внегалактических объектов (квазаров, радиогалактик, нормальных спиральных галактик) убедительно свидетельствует о дискретно-непрерывном характере распределения спектральных индексов α (показателей зависимости спектральной плотности потока радиоизлучения от частоты $F_{v} \sim v^{-\alpha}$), которые характеризуют излучающие синхротронным механизмом степенные энергетические спектры релятивистских электронов ($N(E) dE \sim E^{-\gamma} dE$, $\gamma = 2\alpha + 1$).

Дискретность значений α и соответствующих им значений γ выражается в четко выраженной их группировке вблизи величин 0,7, 1,2 и 1,7 в случае радиоструктур мощных радиоисточников (радиогалактики, квазары)¹⁻⁴ и вблизи значений 0,6 и 1,1 в случае слабых радиоисточников нормальных спиральных галактик⁵ (рисунки *a*-*z*).

Непрерывность распределения значений а выражается в том, что, например, наиболее представительная группа спектров первого максимума обнаруживает реальный разброс индексов в пределах 0,5 $< \alpha_0 \leq 0,75$ (рисунок в). Последнее обстоятельство свидетельствует о том, что показатели энергетических спектров релятивистских электров нов этой группы спектров подчиняются закономерности, полученной С. И. Сыроватским⁸, а именно, энергетические спектры имеют вид $N(E) dE \sim C = \gamma_0 dE \sim E_{-(2+6)} dE$, где

$$\delta = \frac{W_{\mathrm{R.}\,\mathrm{J}}}{W_H + W_{\mathrm{TYD5}}}$$

— доля энергии космических лучей в области их ускорения от плотности энергии магнитного поля W_H и турбулентных движений газа $W_{\text{турб}}$ ($W_H \approx W_{\text{турб}}$). Параметр δ может меняться в пределах $0 < \delta \leq 0.5$, что соответствует $2 < \gamma_0 \leq 2.5$ ($0.5 < < \alpha_0 \leq 0.75$). Хорошее согласие теоретически ожидаемого и наблюдаемого распределений показателей α_0 свидетельствует о том, что эта группа спектров радиоизлучения характеризует начальные, генерируемые внегалактическими объектами (их ядрами) спектры релятивистских электронов.

Большие дискретные значения спектральных индексов, характеризующие высокочастотные участки спектров ряда радиоструктур, являются производными от начальных спектров с последовательным изменением значений α_0 на 0,5 ($\alpha_0 + 0,5$ и $\alpha_0 +$ + 0,5 + 0,5), чему соответствуют изменения γ_0 па 1 ($\gamma_0 + 1$ и $\gamma_0 + 1 + 1$).

Совокупность наблюдательных данных свидетельствует о том, что первый излом энергетического спектра ($\gamma_0 \rightarrow \gamma_0 + 1$), вероятнее всего, формируется

уже в процессе генерации релятивистских электронов в ядрах галактик и квазаров в квазистационарных условиях ускорения и потерь ими энергии на излучение.

Во внешних по отношению к ядрам радиоструктурах в условиях квазистационарной накачки электронов и потерь ими энергии на излучение формируется второй излом с дополнительным изменением показателя γ на 1 ($\gamma_0 + 1 \rightarrow \gamma_0 + 2$) в высокоэнергетичной части их спектра. В целом, по совокупности объектов, средний спектр релятивистских электронов имеет универсальный вид:

$$N(E) dE = K_1 E^{-\gamma_0} dE, \qquad E_1 < E < E_2,$$

$$N(E) dE = K_2 E^{-(\gamma_0 + 1)} dE, \qquad E_2 < E < E_3.$$

При этом энерімя $E_1 \ge 5 \cdot 10^6$ зв, $E_2 \approx (1-5) \cdot 10^9$ зв, $E_3 = E(t) \ge 10^{10}$ зв для основных (например, двойных) радиоструктур.

В галоподобных радиоструктурах ряда мощных радиоисточников (как правило, объекты с двойной основной радиоструктурой) в условиях квазистационарной накачки электронов в эти структуры синхротронные и комптоновские потери на микроволновом метагалактическом фоновом излучении формируют спектр вида

$$N(E) dE = K_3 E^{-(\gamma_0+2)} dE, \quad E_2 < E < E_3.$$

Если субмиллиметровое и инфракрасное (СМ и ИК) излучение ряда ядер сейфертовских галактик и квазаров — синхротронной природы в условиях эффективного удержания релятивистских электронов магнитым полем ядра, то при сохранении адиабатического инварианта движущимися в этом поле релятивистскими электронами можно ожидать в оптически тонкой части спектра излучения спектральных индексов $\alpha = (2\gamma_0 + 1)/3 \approx 1,66 - 2,0^6$, что близко к характеру наблюдаемых спектров ⁷. В условиях хаотического поля и движения электронов без сохранения адиабатического инварианта (изотропизация на неоднородностях) наблюдаемые крутые спектры СМ и ИК излучения ядер могут быть следствием обрывов энергетического спектра электронов вследствие синхротронных и комптоновских потерь энергии (обрывы вблизи $E \approx 10^8$ эд). Спектр излучения может при этом быть сколь угодно крутым вплоть до экспоненциального.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. В. Н. Курильчик, Астрон. ж. 47, 787 (1970).
- 2. В. Н. Курильчик, Астрон. ж. 48, 684 (1971).
- 3. В. Н. Курильчик, А. В. Козенко, Астрон. цирк. № 565 (1970).
- 4. В. Н. Курильчик, Астрон. цирк. № 579, 1 (1970).
- 5. Н. А. Комаров, В. Н. Курильчик, Астрон. цирк. № 590 (1970).
- 6. Н. С. Карда́ше́в, Астрон. ж. 39, 393 (1962).
- 7. D. E. Kleinmann, F. J. Low, Astrophys. J. Iett. 159, 165 (1970).
- 8. С. И. Сыроватский, ЖЭТФ 40, 1788 (1961).