

чинами. Во-первых, с ростом длины волны может возрасти контраст оптического излучения рентгеновской звезды по отношению к излучению нормального сверхгиганта, если спектр первого менее крутой. Во-вторых, сама круговая поляризация может возрасти с длиной волны, как в случае излучения оптически тонкой плазмы в сильном магнитном поле, например, газового облака вокруг компактного намагниченного компонента двойной системы.

*Observations of the Circular Polarization in HDE 226868 = Cyg X-1.* Observations suggest that the small circular polarization increasing with the wavelength may exist in HDE 226868, an optical counterpart of the X-ray source Cyg X-1.

18 февраля 1974

Ленинградский государственный  
университет

О. С. ШУЛОВ  
Е. Н. КОПАЦКАЯ

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. N. S. Nikulin, V. M. Kuvshinov, A. B. Severny, Ap. J., 170, L53, 1971.
2. О. С. Шулов, Е. Н. Копецкая, Астрон. цирку., № 741, 5, 1972.
3. T. Gehrels, Ap. J., 173, L23, 1972.
4. J. C. Kemp, R. D. Wolstencroft, Ap. J., 176, L115, 1972.

### О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕЙТЕРИЯ В ЯДРЕ ГАЛАКТИКИ

Открытие В. А. Амбарцумяном явления активности ядер галактик [1] выдвинуло в число важнейших проблем современной астрофизики проблему физики процессов, происходящих в галактических ядрах. Наблюдения ядер галактик в инфракрасном и радиодиапазонах показывают, что эти процессы характеризуются высокой яркостной температурой — до  $10^{12}$  °К, что соответствует энергии частиц порядка  $10^6$  эв. Еще более высокие энергии частиц наблюдаются в космических лучах, происхождение которых, вероятно, также связано с процессами, происходящими в ядрах галактик. Если попытаться связать эти факты с известными физическими явлениями, то приходится сделать вывод, что активность галактических ядер может быть связана с превращением элементарных частиц, так как только в этом случае неизбежно объясняется наблюдаемая концентрация энергии. Один из таких процессов, распад  $\pi^0$ -мезонов на два  $\gamma$ -кванта, как показано в [2], может быть ответственен за наблюдаемое в ядрах галактик

мощное инфракрасное излучение. Результатом этого процесса могут быть и некоторые другие явления, в частности, образование дейтерия в галактических ядрах. Это будет показано в настоящей заметке. Предположим, что в результате распада  $\pi^0$ -мезонов в ядре галактики возникают  $\gamma$ -кванты в количестве  $N_\gamma$  в секунду, с энергией около  $70 \text{ Мэв}$  на каждый квант. Основными механизмами поглощения  $\gamma$ -квантов такой энергии являются образование пар и комптон-эффект, с эффективными сечениями порядка  $10^{-26} \text{ см}^2$  [3]. В результате образования пар, как показано в [2], возникает инфракрасное излучение. В результате комптон-эффекта происходит уменьшение энергии  $\gamma$ -квантов. Когда энергия уменьшается до  $20\text{--}40 \text{ Мэв}$ , наряду с указанными выше механизмами, становится существенным еще один механизм поглощения  $\gamma$ -квантов, а именно, фоторасщепление  $\text{He}^4$  [4]. Как показано в [4], эффективное сечение  $\sigma$  фоторасщепления  $\text{He}^4$  с образованием дейтерия при энергии  $\gamma$ -квантов примерно  $30 \text{ Мэв}$  превышает  $10^{-27}$ . Учитывая соотношение эффективных сечений конкурирующих процессов поглощения  $\gamma$ -квантов, а также среднюю распространенность атомов  $\text{He}^4$ , можно подсчитать, что один из нескольких десятков  $\gamma$ -квантов участвует в фоторасщеплении  $\text{He}^4$ . Количество образовавшихся атомов дейтерия на каждый  $\gamma$ -квант составит  $\varepsilon l n_{\text{He}}$ , где  $l$  — пробег  $\gamma$ -квантов,  $n_{\text{He}}$  — концентрация атомов  $\text{He}^4$ .

Длину пробега  $\gamma$ -квантов можно оценить по порядку величины из соотношения  $10^{-26} n \cdot l = 1$ , то есть  $l = 10^{26}/n$ . Тогда полное число  $N_D$  атомов дейтерия, образовавшихся за время  $t$ , равно

$$N_D \approx N_\gamma t \varepsilon l n_{\text{He}}. \quad (1)$$

Концентрация образовавшегося дейтерия по отношению к водороду составит

$$\frac{n_D}{n_H} \approx N_\gamma t \frac{\varepsilon}{l} \cdot \frac{n_{\text{He}}}{n_H}, \quad (2)$$

Попытаемся применить соотношение (2) к ядру Галактики. Согласно наблюдениям в различных спектральных диапазонах, особенно в радио и инфракрасном, ядро Галактики является активным, хотя и не в такой степени, как ядра сейфертовских галактик. В ядре Галактики имеется газ, вытекающий отсюда в количестве примерно  $1M_\odot$  в год [5]. Наблюдаемое в ядре Галактики инфракрасное излучение дает основание предположить, что там действует рассмотренный в [2] механизм трансформации  $\gamma$ -квантов в инфракрасные. Все это означает, что в ядре Галактики должно происходить образование дейтерия. Время  $t$  образования дейтерия можно принять равным времени, в течение ко-

торого газ остается в ядре. Это время примерно равно отношению  $M/m$ , где  $M$  — общая масса газа, находящегося в ядре, а  $m$  — количество газа, вытекающего из ядра в единицу времени. Длину пробега  $l$  также можно выразить через массу  $M$ , а именно,  $l \approx 3 \cdot 10^{15} (M/M_{\odot})^{1/2}$ . Подставляя в (2) это значение  $l$ , а также значение  $t$  и полагая  $m = 1M_{\odot}/\text{год}$  [5], получим

$$\frac{n_D}{n_H} \approx 10^{-50} \frac{n_{He}}{n_H} N_{\gamma}. \quad (3)$$

Так как, согласно [2],  $\gamma$ -кванты ответственны за инфракрасное излучение ядра, то мощность  $\varepsilon_{\gamma} N_{\gamma}$   $\gamma$ -излучения должна быть больше мощности  $P_{\text{ИК}}$  инфракрасного излучения. Согласно [6],  $P_{\text{ИК}} \approx 10^{42} \text{ эрг/сек}$ , следовательно,  $N_{\gamma} \geq 10^{48} \text{ сек}^{-1}$ . Полагая также  $(n_{He}/n_H) \approx 10^{-1}$  [7], из уравнения (2) имеем

$$\frac{n_D}{n_H} \gtrsim 10^{-5}. \quad (4)$$

Это значение можно сравнить с наблюдательными данными [8]. Согласно [8], в направлении центра Галактики отношение  $n_D/n_H$ , вероятно, больше  $3 \cdot 10^{-5}$ . Такое значение концентрации дейтерия, как следует из (4), может быть объяснено рассмотренным здесь механизмом фоторасщепления  $He^4$ . В то же время столь высокое содержание дейтерия не может быть объяснено термоядерными реакциями [7].

Исходя из энергетики активности галактических ядер, можно сделать предположение о том, что эта активность связана с превращениями элементарных частиц. Это предположение в некоторых случаях приводит к выводам, которые могут быть сопоставлены с наблюдениями. В случае инфракрасного излучения ядер галактик, как это показано в [2], и в случае содержания дейтерия в ядре Галактики, как это отмечено в настоящей заметке, эти выводы согласуются с наблюдательными данными.

В заключение приношу благодарность академику В. А. Амбарцумяну за обсуждение и ценные замечания.

*On a Possible Mechanism of the Formation of Deuterium in the Nucleus of Galaxy.* Some observational consequences of the possible  $\gamma$ -activity of galactic nuclei [2] are considered. The supposed  $\gamma$ -activity of the nucleus of our Galaxy permits to explain the high deuterium content in the direction of the galactic centre.

10 декабря 1973

Бюранская астрофизическая  
обсерватория

Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, Изв. АН Арм.ССР, сер. физ.-мат. наук, 11, 9, 1958.
2. Ю. К. Мелик-Алавердян, *Астрофизика*, 9, 595, 1973.
3. С. Э. Бельский, Лавинные процессы в космических лучах, ОГИЗ—Гостехиздат, М.—Л., 1948.
4. E. G. Fuller, *Phys. Rev.*, 96, 1306, 1954.
5. J. H. Oort, *IAU Symp. No. 31*, 279, 1967.
6. W. G. Hoffman, C. L. Frederick, R. J. Emery, *Ap. J.*, 164, L 23, 1971.
7. Л. Аллер, Распространенность химических элементов, ИЛ, М., 1963.
8. D. A. Cesarzsky, A. T. Moffet, J. M. Pasachoff, *Ap. J.*, 180, L 1, 1973.