АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15 АВГУСТ, 1979 ВЫПУСК 3

УДК 523.855

## СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК С УФ-ИЗБЫТКОМ С ДВОЙНЫМИ И КРАТНЫМИ ЯДРАМИ. II. ГАЛАКТИКИ С СЕЙФЕРТОВСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ КОМПОНЕНТОВ ЯДЕР

А. Р. ПЕТРОСЯН, К. А. САКАЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 4 мая 1979

Приведены результаты спектральных наблюдений четырех двухъядерных галактик с УФ-избытком, показывающих признаки сейфертовских галактик. Спектры получены в первичном фокусе 6-м телескопа САО АН СССР, на спектрографе СП-160 с ЭОП М9ЩВ, с дисперсией около 65 А/мм. Установлено существование галактик с двумя ядрами с сейфертовскими спектрами (Маркарян 463, 673, 789), что является доказательством возможности существования галактик с двумя ядрами. В спектре одного из компонентов Маркарян 789 («а») у основных линий [SII] 6731 6717, $H_\alpha$ и [NII] 6583 6548 с длинноволновой стороны обнаружены эмиссионные компоненты, смещенные на величину, соответствующую доплеровской скорости около 350 км/с. Высказано предположение, что эта галактика является или галактикой с кратным ядром, или в ее ядре произошел взрыв, аналогичный тому, который наблюдался в Маркарян 6.

*Введение.* В работе [1] авторов настоящей статьи было показано, что среди галактик с УФ-избытком часто встречаются объекты с двойными и кратными ядрами. Там же было специально обращено внимание на тот факт, что среди галактик с УФ-избытком с сейфертовскими характеристиками также имеются объекты с двойными ядрами. Детальное спектральное исследование таких ядер представляет большой интерес и может пролить свет на проблему активности ядер галактик в целом. В [2] представлены результаты спектральных наблюдений некоторых галактик с УФ-избытком с двойными ядрами, выполненных на 6-м телескопе САО АН СССР. В настоящей же работе приведены предварительные результаты спектральных наблюдений четырех галактик Маркаряна сейфертовского типа: Маркарян 463, 673, 739 и 789. Благодаря своему хорошему разреше-

нию 6-м телескоп является наилучшим из имеющихся телескопов для таких исследований.

*Наблюдательный материал, результаты.* Спектры исследованных в настоящей работе сейфертовских галактик получены в первичном фокусе 6-м телескопа с помощью спектрографа СП-160, работающего в сочетании с ЭОП типа М9ЩВ. Некоторые данные о наблюдательном материале приведены в табл. 1, в первом столбце которой даны номера галактик по Маркаряну, далее дата наблюдений, время экспонирования, спектральная об-

*Таблица 1*

| Объект | Дата наблюдений | Время экспозиции (мин.) | Спектральная область (Å) |
|---|---|---|---|
| Маркарян 463 | 3/4.03.79 | 50 | 5900—7200 |
| " | " | " | 4500—6000 |
| " | 4/5.03.79 | " | 3600—5000 |
| Маркарян 673 | 2/3.03.79 | 30 | 5900—7200 |
| " | 3/4.03.79 | 40 | 4500—6000 |
| " | 4/5.03.79 | 50 | 3600—5000 |
| " | 5/6.03.79 | " | 5900—7200 |
| " | " | " | 4500—6000 |
| " | " | " | 3600—5000 |
| Маркарян 739 | 2/3.03.79 | 30 | 5900—7200 |
| " | " | " | 4500—6000 |
| " | " | " | 3600—5000 |
| " | 5/6.03.79 | 25 | 5900—7200 |
| " | " | " | 4500—6000 |
| " | " | " | 3600—5000 |
| Маркарян 789 | 2/3.03.79 | 40 | 5900—7200 |
| " | 3/4.03.79 | " | 4500—6000 |
| " | 4/5.03.79 | " | 5900—7200 |
| " | " | " | 4500—6000 |
| " | " | " | 3600—5000 |

ласть наблюдений. Все спектры получены с дисперсией около 65 Å/мм на эмульсии Kodak 103a-0. При всех наблюдениях щель спектрографа проходила через оба компонента ядра и имела ширину примерно 1."5. Надо отметить, что в период наблюдений (начало марта 1979 г.) в САО были хорошие изображения (от 1" до 2"), что способствовало успеху выполнения наблюдений, поскольку для рассматриваемых объектов требуется возможно лучшее разрешение.

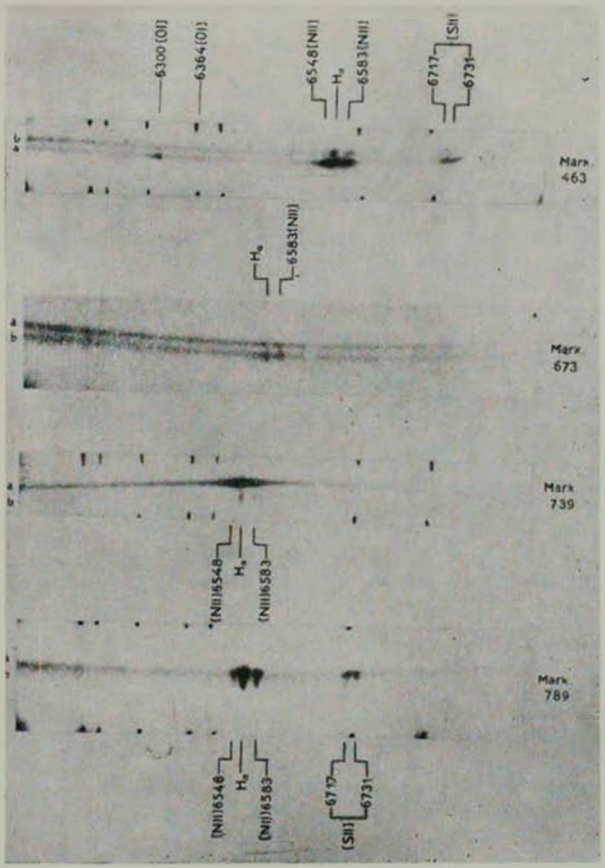


Рис. 1. Спектры двухъядерных галактик с УФ-избытком, показывающих характерные черты сейфертовских галактик. Номера галактик и буквенные обозначения компонентов («a» и «b») указаны рядом со спектрами (6-м телескоп, спектрограф СП-160 с ЭОП типа М9ЦВ).

Ниже приводятся описание спектров, их репродукции и регистрограммы (рис. 1 и 2).

*Маркарян 463**. Была известна как имеющая признаки сейфертовских галактик первого типа (Sy 1) по работе Адамса [3], хотя по описанию спектра, данному Денисюком и Липовецким [4], она должна быть галактикой Сейферта второго типа (Sy 2) (они сами ее не классифицировали). О наличии двухъядерной структуры у этой галактики отмечено еще в [3] и [1].

Спектры компонентов этой галактики значительно различаются по ширине эмиссионных линий. Если яркий из компонентов «a» (см. рис. 1) действительно показывает характеристики, типичные для Sy 2 (полуширина линий порядка 1500 км/с), то линии «b»-компонента заметно уже. Однако они все же достаточно широки и превосходят инструментальную ширину. Так что «b»-компонент может быть причислен к типу галактик со слабыми признаками Sy 2. Профили линий $H_\alpha$, [N II] и линии неба приведены на рис. 2 и подтверждают вышесказанное.

В спектре «a»-компонента хорошо видны очень яркие эмиссионные линии [S II] λλ 6731/6717, $H_{12}$, [N II] λλ 6583/6548, [O I] λλ 6364/6300, He I λ 5876, [O III] λλ 5007/4959, $H_\beta$, He II λ 4686, [O III] λ 4363, $H_\gamma$, $H_\delta$, $H_\varepsilon$, $H_\zeta$, [Ne III] λλ 3968/3869, [S II] λλ 4076/4068 и [O II] λ 3727. В спектре же «b»-компонента линий значительно меньше и степень возбуждения ниже. В нем наблюдаются эмиссионные линии $H_\alpha$, [N II] λ 6583, [O III] 5007/4959, $H_\beta$, $H_\gamma$, [O II] λ 3727 и слабые линии [S II] λλ 6731/6717, [N II] λ 6548. Что же касается непрерывного спектра, то у обоих компонентов он примерно одинаковой яркости на протяжении всего спектра.

*Маркарян 673.* О двухъядерной структуре этой галактики отмечено в [1]. Спектр ее описывается здесь впервые. Особенностью спектров компонентов ядра этой галактики является большая яркость их непрерывных спектров и относительная слабость эмиссионных линий. Поэтому хорошо видны лишь линии $H_\alpha$ и [N II] λ 6583, вокруг которых непрерывный спектр сравнительно слаб (см. рис. 1). С продвижением в коротковолновую область непрерывный спектр непрерывно усиливается, причем у «a»-компонента он значительно интенсивнее, хотя эмиссионные линии $H_\alpha$ и [N II], наоборот, сильнее у «b»-компонента. Эти линии у обоих компонентов заметно шире инструментального контура (полуширины их порядка 500—600 км/с, см. рис. 2 и табл. 2) и поэтому можно считать, что оба

* Спектр этого объекта получен на 6-м телескопе также сотрудником САО АН СССР В. Д. Афанасьевым, но с помощью другого спектрографа — UAGS + ЭОП типа УМ-92. Он же обратил наше внимание на различие спектров компонентов (частное сообщение).

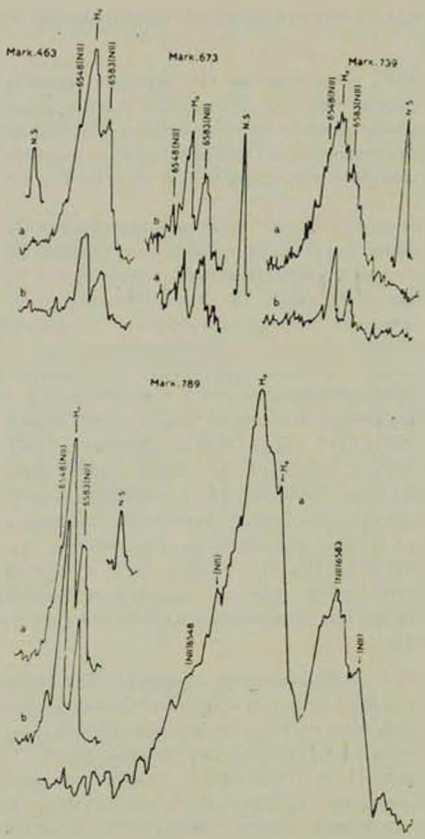


Рис. 2. Регистрограммы линий [N II] и $H_\alpha$ в спектрах «a» и «b» компонентов ядра Маркарян 463, 673, 739 и 789. Для сравнения рядом приведены регистрограммы линий неба (N. S.). Приведена также регистрограмма линий [N II] и $H_\alpha$ в спектре «a»-компонента Маркарян 789 с большим увеличением. Стрелками указаны местоположения компонентов этих линий.

компонента ядра Маркарян 673 обладают признаками сейфертовских галактик второго типа, хотя они и слабо выражены. Ввиду большой интенсивности непрерывного спектра даже линии [O III] λλ 5007/4959 не заметны, а линия $H_\alpha$ едва прослеживается. Красное смещение галактики, оцениваемое впервые по положению линии $H_\alpha$ и [N II] λ 6583, равно 0.0362.

*Маркарян 739 = NGC 3758.* Является галактикой с необычной морфологической структурой. Приведена в списке галактик с двумя и кратными ядрами [1]. Там же приведен крупномасштабный снимок этой галактики. Однако внешняя структура ее на этом снимке плохо прослеживается, так как он был отпечатан с небольшой выдержкой и предназначался для показа лишь центральной ядерной области галактики. На самом деле компоненты ядра окружены диффузной оболочкой, причем западный из них (компонент «b») находится примерно в геометрическом центре этой оболочки, а восточный (компонент «a») — на ее краю. Впервые отмечена как сейфертовская галактика в [5].

Спектр галактики очень интересен. Один из компонентов («a») является очень сильно выраженной сейфертовской галактикой первого типа, а второй компонент («b») имеет узкие и слабые линии (единственный из всех рассмотренных в этой работе компонентов, имеющий такие характеристики).

В «a»-компоненте наблюдаются широкие и яркие линии $H_\alpha$, $H_\beta$, $H_\gamma$, $H_\delta$, $H_\varepsilon$, $H_\zeta$ и узкие линии [N II] λλ 6583/6548, [O III] λλ 5007/4959, линия [O II] λ 3727 не заметна. Очень интенсивен и непрерывный спектр этого компонента, в особенности при переходе в коротковолновую область. Непрерывный спектр «b»-компонента значительно уступает по яркости во всем спектральном диапазоне и в особенности в ультрафиолетовой области, где он, начиная с длины волны около 4400 А, почти не заметен, в то время как у «a»-компонента прослеживается до самой границы спектра. В «b»-компоненте видны эмиссионные линии [N II] λλ 6583/6548, $H_\alpha$, [O III] λλ 5007/4959, $H_\beta$. Другие водородные линии не заметны. Линия [O II] λ 3727 также не видна.

Особый интерес представляет изменение вида линий вдоль высоты щели спектрографа. В спектре «a»-компонента на широкие линии водородных линий $H_\alpha$ и $H_\beta$ накладываются узкие эмиссионные компоненты, причем у $H_\alpha$ эта узкая компонента выходит за пределы непрерывного спектра в сторону, противоположную от направления к компоненту «b». Что же касается линий [O III] λλ 5007/4959, то они у «a»-компонента простираются по обе стороны непрерывного спектра, причем в направлении «b» они лишь на 0.1 мм (около 1."5) выходят за непрерывный спектр, а в противоположном направлении линия [O III] λ 5007, например, прослеживается до 7."5 от центра непрерывного спектра. Ширина же самого

непрерывного спектра (т. е. диаметр излучающей области) равна в области $H_\beta$ примерно 1.5 — 1."8. Такая же картина наблюдается и у «b»-компонента. У него линии $H_\gamma$ и [O III] $\lambda$ 5007 выходят за пределы непрерывного спектра в направлении, противоположном компоненту «a» на 0.3—0.4 мм или около 4.5—6".

Следует также обратить внимание на тот факт, что запрещенные линии [N II] и [O III] у обоих компонентов резко обрываются и не сливаются в области между непрерывными спектрами, хотя расстояние между ними порядка 6—7".

*Маркарян 789.* Эта галактика также включена в список объектов с двойными и кратными ядрами [1]. В [5] отмечено, что Маркарян 789 «может обладать слабыми сейфертовскими особенностями» и «линия $H_\alpha$, возможно, имеет слабые крылья».

На самом деле картина здесь довольно сложная и очень интересная. Во-первых, галактика оказалась двухъядерной; во-вторых, у одного из компонентов — «a» — как водородные, так и запрещенные линии [S II], [N II], [O III] имеют эмиссионные компоненты, отстоящие в длинноволновую сторону от основных линий на величину, соответствующую доплеровской скорости около 350 км/с. Они, довольно яркие у линий $H_\alpha$, [N II], хорошо видны на рис. 2, на котором приведена регистрограмма спектра «a»-компонента в области $H_\alpha$ в большом масштабе.

Линии в спектре «b» не имеют вторичных компонентов, но их ширина (как водородных, так и запрещенных) примерно равна ширине основных линий в спектре «a», без учета, конечно, длинноволновых компонентов. Можно считать, что оба компонента ядра Маркарян 789 обладают слабо выраженными сейфертовскими характеристиками Sy 2. При наблюдениях с небольшим спектральным разрешением (как в [5]) длинноволновые компоненты линий в спектре «a» слились бы и наблюдались бы широкие линии, как у полноценных Sy 2.

В спектре обоих компонентов наблюдаются одни и те же линии [S II] $\lambda\lambda$ 6731/6717, [N II] $\lambda\lambda$ 6583/6548, $H_\alpha$, [O III] $\lambda\lambda$ 5007/4959, $H_\beta$, $H_\gamma$, $H_\delta$, $H_\varepsilon$, $H_\zeta$ и [O II] $\lambda$ 3727. Однако как сами линии, так и непрерывный спектр у «a»-компонента заметно ярче, причем непрерывный спектр у «a» простирается значительно дальше как к красной, так и к фиолетовой границе спектра. Заметны также слабые линии [O I] $\lambda\lambda$ 6364/6300, He I $\lambda$ 4026, [Ne III] $\lambda$ 3869.

*Обсуждение.* В настоящей статье впервые приводятся описания спектров двойных ядер галактик Маркаряна сейфертовского типа. Благодаря большой разрешающей силе 6-м телескопа спектры компонентов ядер удалось получить раздельно.

В табл. 2 приведены лучевые скорости ($v_r$) отдельных компонентов ядер, исправленные за движение Солнца, их разность ($\Delta v_r$) и полуширины эмиссионных линий $H_\alpha$ для Маркарян 673 (так как $H_\beta$ в ней отсутствует) и $H_\beta$ для остальных галактик. Приведены также величины ошибок одного измерения ($\varepsilon_{v_r}$) и

$$\varepsilon_{\Delta v_r} = \sqrt{(\varepsilon^a_{v_r})^2 + (\varepsilon^b_{v_r})^2}.$$

*Таблица 2*

| Объект | Компонент | $v_r$ (км/с) | $\varepsilon_{v_r}$ (км/с) | $\Delta v_r$ (км/с) | $\varepsilon_{\Delta v_r}$ (км/с) | Полуширина линии (км/с) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Маркарян 463 | a | 14940 | 85 | + 50 | 100 | 1500 |
| | b | 14890 | 54 | | | >N.S. |
| " 673 | a | 10826 | 22 | —166 | 58 | 500 |
| | b | 10992 | 54 | | | 600 |
| " 739 | a | 8787 | 40 | — 86 | 56 | 2000 |
| | b | 8873 | 39 | | | ≈N.S. |
| " 789* | a | 9318 | 30 | + 2 | 49 | 800 |
| | b | 9316 | 39 | | | >N.S. |

* Разность лучевых скоростей между двумя компонентами „a" ядра равна 332 км/с с $\varepsilon_{\Delta v_r} = 50$ км/с.

Из приведенных выше данных можно сделать следующие выводы:

1. Галактики с двойными ядрами — нередкое явление среди объектов с УФ-избытком, обладающих характеристиками сейфертовских галактик. К рассмотренным в этой работе двухъядерным сейфертовским галактикам следует прибавить еще одну — Маркарян 273 (сейфертовская галактика согласно [6]), которая по наблюдениям на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории имеет двойное, а возможно и кратное ядро. Кратность ядра этой галактики заметна также на фотографии, приведенной в [3].

2. Приведенные в настоящей статье данные позволяют сделать одно важное заключение общего характера. Дело в том, что, обнаруживая двойственность ядер у тех или иных галактик с УФ-избытком, мы не могли исключить возможность того, что лишь один из компонентов имеет настоящую ядерную природу, а другой является просто сверхассоциацией (т. е. конгломератом горячих звезд) или даже объектом, вообще не имеющим эмиссионных линий в спектре [2]. Трудность интерпретации была связана еще и с тем, что ядра многих галактик имеют спектры, мало отличающиеся от спектров сверхассоциаций.

В том случае же, когда в центре галактики мы наблюдаем сгущения с сейфертовскими признаками, то не остается сомнения, что имеем дело не

со сверхассоциациями, а с образованиями ядерного типа. Поэтому существование галактик с двумя сгущениями в центре с сейфертовскими спектрами является тем самым доказательством возможности существования галактик с двумя ядрами вообще.

Полученный результат не противоречит, а скорее находится в полном согласии с представлением о том, что во многих случаях роль ядра или одного из ядер могут играть сверхассоциации [2].

3. Спектральные характеристики компонентов двухъядерных сейфертовских галактик могут быть совершенно различными. Среди исследованных галактик у Маркарян 463 один из компонентов («a») имеет типичный спектр Sy 2, который согласно [7] является также источником радиоизлучения, а второй компонент имеет слабовыраженные особенности Sy 2; у Маркарян 673 и 789 оба компонента имеют спектры со слабыми признаками Sy 2; у Маркарян 739 один из компонентов («a») имеет спектр, типичный для Sy 1, а другой — напоминает спектр сверхассоциации.

Особо следует остановиться на Маркарян 789. В спектре «a»-компонента этой галактики у основных линий [S II] λλ 6731/6717, H, и [N II] λλ 6583/6548 с длинноволновой стороны наблюдаются эмиссионные составляющие.

Можно предположить, что ядро «a» на самом деле состоит из двух компонентов и его спектр принадлежит двум образованиям, имеющим сходную между собой единую ядерную природу. В этом случае Маркарян 789 окажется или системой с тремя сейфертовскими ядрами, или с двумя ядрами («a» и его компонент) и сгущением «b», образовавшимся, по-видимому, позднее в результате активности «a»-ядра. И, действительно, на прямом снимке, полученном на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории, у южного края ядра «a» заметен выступ, который, возможно, и является частью второго слившегося с «a»-компонентом образования.

Другой возможностью является допущение, что у ядра «a» смещенные компоненты линий вызваны выбросом, аналогичным тому, который наблюден у другой сейфертовской галактики второго типа — Маркарян 6. Напомним, что в спектре Маркарян 6 за время не более одного года появились новые эмиссионные компоненты у линий $H_\alpha$ и $H_\beta$, смещенные от основных линий в сторону коротких длин волн на величину, соответствующую доплеровской скорости около 3000 км/с [8, 9]. Однако у запрещенных линий таких компонентов выявлено не было. В [10] было высказано предположение, что из ядра Маркарян 6 в диаметрально противоположных направлениях (к нам и от нас) выброшены два водородных облака, плотность которых пока настолько велика, что для возникновения запрещенных линий в них нет пока соответствующих условий.

Что-то подобное мы имеем в случае Маркарян 789, причем роль «контрвыброса» играет здесь компонент «b», а направление выбросов при-

мерно совпадает с картиной плоскостью. Кроме того, при таком предположении неизбежно приходим к выводу, что выбросы произошли давно, так как в их спектрах хорошо развиты запрещенные линии.

Для полного решения этой проблемы необходимы дальнейшие наблюдения с большей дисперсией.

Авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за интерес к работе и ценные замечания.

Авторы благодарны также А. Г. Буренкову за помощь при наблюдениях на 6-м телескопе.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

## SPECTROSCOPIC INVESTIGATION OF UV GALAXIES WITH DOUBLE AND MULTIPLE NUCLEI. II. THE GALAXIES WITH SEYFERT TYPE NUCLEI

A. R. PETROSSIAN, K. A. SAHAKIAN, E. YE. KHACHIKIAN

The results of spectroscopic observations of four double-nuclei UV galaxies with Seyfert characteristics are presented. The spectra have been obtained in prime focus of 6-m telescope of SAO with SP—160 spectrograph and IT with dispersion 65 A/mm.

The existence of galaxies with two condensations in centrum having Seyfert type spectra (Markarian 463, 673, 789) is established as an evidence of possibility of existence of galaxies with double nuclei.

In the spectrum of «a» component of the nucleus of Markarian 789 the emission lines [S II] λ 6731/6717, H, and [N II] λ 6583/6548, redshifted by about 350 km/s from the original lines are observed. It is suggested that either this galaxy has multiple nucleus or an explosion like in Markarian 6 has taken place in its nucleus.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 14, 69, 1978.
2. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 15, 209, 1979.
3. *T. F. Adams*, Ap. J., Suppl. ser., 33, 19, 1977.
4. *Э. К. Денисюк, В. А. Липовецкий*, Астрофизика, 10, 315, 1974.
5. *Э. К. Денисюк, В. А. Липовецкий*, Письма АЖ, 3, 7, 1977.
6. *М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, Б. Е. Маркарян*, Астрофизика, 7, 177, 1971.
7. *B. J. Wills, D. Wills, A. K. Uomoto, S. Vogt, R. G. Tull, P. Pibakt, T. Montemayor, P. Kelton, F. Chigo, J. N. Douglas, F. Bash*, BAAS, 9, 647, 1977.
8. *Д. В. Вилман, Э. Е. Хачикян*, Астрон. цирк., № 591, 1970.
9. *E. Ye. Khachikian, D. W. Weedman*, Ap. J., 164, L109, 1971.
10. *Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 9, 139, 1973.