

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 11

МАЙ, 1975

ВЫПУСК 2

## О ПРОИСХОЖДЕНИИ ВРАЩЕНИЯ ГАЛАКТИК В КОСМОГОНИИ АМБАРЦУМЯНА

Р. М. МУРАДЯН

Поступила 17 февраля 1975

Происхождение углового момента галактик и их скоплений объясняется сохранением спина сверхтяжелых адронов, за счет распада которых образуются галактики в соответствии с концепциями сверхплотной космогонии Амбарцумяна.

1. *Введение.* Согласно космогонической концепции В. А. Амбарцумяна происхождение и формирование объектов наблюдаемой Вселенной обусловлено распадом и дезинтеграцией активного сверхплотного протогалактического вещества необычной физической природы [1, 2].

Концепция Амбарцумяна является альтернативой к точке зрения Канта—Лапласа—Джинса и их последователей, согласно которой считается, что звезды и галактики произошли за счет конденсации гипотетической диффузной догалактической среды.

Выдающиеся достижения современной астрофизики — обнаружение взрывов, выбросов и делений ядер галактик, открытие феноменального энерговыделения в галактиках Сейферта и Маркаряна, радиогалактиках и квазарах, обнаружение других крупномасштабных нестационарных явлений в звездах, галактиках и их скоплениях — показали плодотворность и эвристическую ценность идей сверхплотной космогонии.

И конденсационная гипотеза, и сверхплотный подход встречаются с серьезными трудностями при объяснении наблюдаемого момента количества движения галактик и, в особенности, скоплений галактик. В этой связи Харрисон [3] недавно предпринял интересную попытку синтезировать идеи сверхплотной космогонии Амбарцумяна с турбулентной космогонией Вейцзеккера и подробно проанализировал труд-

ности с сохранением момента количества движения в подходах чисто конденсационного типа.

В настоящей работе рассмотрена возможность решения проблемы вращения галактик в рамках космогонии Амбарцумяна. Выдвинуто предположение, что сверхплотное протогалактическое вещество Амбарцумяна проявляется в форме сверхмассивной элементарной частицы — сверхтяжелого адрона с огромным спином, распад и дальнейшая эволюция фрагментов которого приводят к образованию галактик.

В разделе 2 на основе результатов теории сильных взаимодействий установлена связь между спином и массой тяжелых адронов. Раздел 3 посвящен сравнению предсказаний с наблюдательными данными. Заключительные замечания приведены в разделе 4.

2. *Вращение галактик и спин элементарных частиц.* Так как большинство астрофизических объектов — звезды, галактики, скопления и сверхскопления галактик обладают вращением, то необходимо предположить наличие большого момента количества движения у протовещества.

Известная трудность в гипотезе образования галактик из сверхплотного вещества заключается в том, что сверхплотное тело, имеющее малые линейные размеры, не может обладать достаточно большим собственным моментом количества движения, необходимым для объяснения наблюдаемого вращения галактик, даже если допустить, что его вращение происходит с околосветовой скоростью. Однако можно показать, что сверхплотное вещество в форме элементарной частицы могло бы иметь огромный момент количества движения, достаточный для объяснения наблюдаемого вращения галактик и их агрегатов. При таких условиях в качестве одной из возможностей целесообразно предположить, что сверхплотное вещество космогонии Амбарцумяна, имеющее „необычную“ физическую природу, представляет собой сверхмассивную элементарную частицу — сверхтяжелый адрон, обладающий огромным спином\*.

Отметим, что гипотеза о формировании галактик из сверхтяжелых адронов, однако без учета их спина, уже обсуждалась в литературе. Например, в работе Систеро [4], из термодинамического рас-

\* Независимо от того, являются ли фундаментальные частицы истинно элементарными (например, электрон) или составными (например, адроны в духе модели кварков или термодинамического бутстрепа), совершенно ясно, что „элементарные“ частицы представляют собой особую форму материи, принципиально отличающуюся от обычного вещества, состоящего из протонов, нейтронов и электронов.

смотрения адронного фейрбола, получен спектр масс галактик (функция распределения масс). Ссылки на более ранние работы других авторов могут быть найдены там же.

Имеющиеся к настоящему времени теории сильных взаимодействий—адронная термодинамика Хагедорна, статистический бутстреп Фраучи и дульная резонансная модель—предсказывают существование исключительно богатого спектра адронов, плотность уровней которых, т. е. число состояний с массой, лежащей между  $M$  и  $M + dM$ , растет с ростом массы, как  $M^a e^{M/cm_\pi} dM$ , где  $m_\pi$ —масса  $\pi$ -мезона,  $a$  и  $c$ —некоторые константы.

С другой стороны, как известно, одним из наиболее важных свойств элементарных частиц является их способность обладать врожденным собственным моментом количества движения—спином. Наблюдаемая на опыте корреляция между спином и массой адронов показывает, что чем тяжелее адрон, тем большим спином он может обладать. Связь между максимальным спином  $J$  и массой  $M$  для всех известных к настоящему времени адронов и адронных резонансов дается прямой траекторией Редже, которую для больших значений  $J$  можно представить в виде:

$$\frac{J}{\hbar} = \left( \frac{M}{m_p} \right)^2, \quad (1)$$

где  $\hbar = 1.05 \cdot 10^{-27}$  э·см<sup>2</sup>/сек — постоянная Планка, деленная на  $2\pi$ , а  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-24}$  э — масса протона.

Для  $n$ -мерного квазиклассического адрона траектория Редже, связывающая максимальный спин частицы с ее массой, должна вести себя следующим образом:

$$\frac{J}{\hbar} = \left( \frac{M}{m_p} \right)^{1 + \frac{1}{n}}, \quad (2)$$

где  $n$  — пространственная размерность адрона. Формула (2) получена на основе анализа размерностей и требования физического подобия с формулой (1). Обсуждение некоторых вопросов, касающихся пространственной размерности квазиклассических адронов, можно найти в работах [5, 6].

Легко видеть, что для одномерного случая  $n = 1$  соотношение (2) переходит в (1), что находится в соответствии с современными представлениями о том, что обычные низколежащие адроны представляют собой одномерные объекты типа струны.

В плоском случае  $n = 2$  и из формулы (2) вытекает следующая зависимость между максимальным спином и массой для таких дискообразных адронов:



$$\frac{J}{h} = \left( \frac{M}{m_p} \right)^{3/2}. \quad (3)$$

Аналогичным образом для трехмерных квазиклассических адронов  $n = 3$  и показатель степени в формуле (2), как легко видеть, равен  $4/3$ .

Обозначим полное число нуклонов в галактике (или скоплении галактик) через  $N$ :

$$N = \frac{M}{m_p}. \quad (4)$$

Тогда формулу (3) можно представить так:

$$J = N^{3/2} h. \quad (5)$$

Массу галактик часто измеряют в единицах массы Солнца  $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33}$  г. Учитывая, что  $N_{\odot} = M_{\odot}/m_p = 1.2 \cdot 10^{57}$ , число нуклонов в галактике можно записать так:

$$N = 1.2 \cdot 10^{57} \frac{M}{M_{\odot}}. \quad (4')$$

Откуда\*

$$J = 4.2 \cdot 10^{58} \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right)^{3/2} \frac{\text{г} \cdot \text{см}^2}{\text{сек}}. \quad (5')$$

Ниже будет показано, что типичные цифры для моментов и масс галактик и их скоплений с достаточной степенью точности удовлетворяют соотношению (5). Если предположить, что в процессе форми-

\* Сравнивая формулу (5) с максимальным угловым моментом керровской черной дыры

$$J_{\text{керр}} = \frac{GM^2}{c}$$

легко видеть, что  $J_{\text{керр}} < J$ , причем равенство наступает лишь при  $M$  порядка массы Метагалактики. Действительно, приравняв максимальный керровский момент соотношению (5)

$$\frac{GM^2}{c} = \left( \frac{M}{m_p} \right)^{3/2} h$$

и рассматривая это равенство как уравнение для определения  $M$ , получим известное соотношение Дирака:

$$\frac{M_{MO}}{m_p} \approx \left( \frac{hc}{Gm_p^2} \right)^2.$$

Обсуждение значения этого факта будет дано в другом месте.

рования галактик не происходит значительной потери или значительного приобретения массы и момента, то это обстоятельство может служить довольно прямым указанием на то, что галактики и их скопления могли образоваться за счет распада сверхтяжелых дискообразных адронов с большим спином.

3. *Сравнение теории с наблюдательными данными.* Значения масс и вращательных моментов галактик и их скоплений, полученные разными авторами на основе одних и тех же наблюдательных данных, как правило, отличаются друг от друга. Ниже приводятся массы и вращательные моменты галактик и их скоплений, приближенно оцененные непосредственно на основе оригинальных наблюдательных данных. Для постоянной Хаббла принято значение

$$H = 50 \frac{\text{км}}{\text{сек}} \cdot \frac{1}{\text{Мпс}}$$

3.1. *Спиральные галактики.* Данные о вращении спиральных галактик гораздо обширнее, чем измерения, относящиеся к эллиптическим и иррегулярным системам. Однако даже в этом случае мы не знаем точных значений масс, а тем более вращательных моментов. Критическое рассмотрение данных показывает, что выводимые из наблюдательных данных значения вращательного момента могут содержать ошибку на полпорядка и даже несколько больше, а значения массы могут содержать неопределенность в 2 и 3 раза. По этой причине, при вычислении момента

$$J = MVR, \quad (6)$$

где  $R$  — некоторое средневзвешенное расстояние звезд до центра галактики, а  $V$  — взвешенная соответствующим образом средняя скорость, можно эти средние значения просто заменить радиусом галактики и вращательной скоростью вблизи периферии. Таким образом, за счет некоторого огрубления получаемых данных можно избежать необходимости построения модели вращающейся галактики.

В нижеследующей табл. 1 в последующих столбцах приводятся название галактики, морфологический тип, значения  $N = M/m_p$  и  $J$ , определенные из наблюдений, значение  $N^{3/2}h$  и ссылка на источник, откуда взяты данные о массе и скорости вращения. Список литературы приводится непосредственно под таблицей.

Из табл. 1 видно, что почти во всех случаях для лучшего совпадения предсказываемого значения момента с наблюдаемым в правую сторону формулы (5) достаточно ввести множитель порядка 1/10.

Имея в виду, что речь идет о сравнении гигантских безразмерных чисел  $J/h$  и  $(M/m_p)^{3/2}$ , относящихся к совершенно различным спиральным галактикам, а также близкое совпадение дополнительного множителя  $1/10$  для различных галактик, следует считать этот факт весьма замечательным и указывающим на то, что предложенное объяснение происхождения вращательного момента галактик является правильным.

Таблица 1

## СПИРАЛЬНЫЕ ГАЛАКТИКИ

Объект	Тип	$\frac{M}{m_p}$	$J \frac{г \cdot см^2}{сек}$	$\left(\frac{M}{m_p}\right)^{3/2} h$	Источник
Галактика	SBc	$2 \cdot 10^{68}$	$1.8 \cdot 10^{74}$	$2.8 \cdot 10^{75}$	а)
M 31	SB	$5.8 \cdot 10^{68}$	$1.6 \cdot 10^{75}$	$1.4 \cdot 10^{76}$	б)
NGC 613	SBc	$3.2 \cdot 10^{68}$	$6 \cdot 10^{74}$	$5.7 \cdot 10^{75}$	в)
„ 1792	SBc	$3 \cdot 10^{67}$	$1.5 \cdot 10^{73}$	$1.6 \cdot 10^{74}$	г)
„ 1808	Sa	$6 \cdot 10^{67}$	$6 \cdot 10^{73}$	$4.6 \cdot 10^{74}$	д)
„ 3504	SBb	$1.4 \cdot 10^{67}$	$2 \cdot 10^{72}$	$4.2 \cdot 10^{73}$	е)
„ 5383	SBb	$10^{68}$	$10^{74}$	$10^{75}$	ж)
„ 7332	S0	$3 \cdot 10^{68}$	$2 \cdot 10^{74}$	$5.3 \cdot 10^{75}$	з)

- а) *J. H. Oort, Astron. Astrophys.*, 7, 381, 1970.  
 б) *B. Takase, Publ. Astron. Soc. Japan*, 19, 427, 1967.  
 в) *E. M. Burbidge et al, Ap. J.*, 140, 85, 1964.  
 г) *V. C. Rubin et al, Ap. J.*, 140, 80, 1964.  
 д) *E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, Ap. J.*, 140, 1445, 1964.  
 е) *E. M. Burbidge et al, Ap. J.*, 132, 661, 1960.  
 ж) *E. M. Burbidge et al, Ap. J.*, 136, 704, 1962.  
 з) *D. C. Morton, R. A. Chevalier, Ap. J.*, 174, 489, 1972.

Таким образом, для спиральных галактик связь между моментом и массой в хорошем приближении дается формулой:

$$J_{\text{спир}} = 0.1 \left(\frac{M}{m_p}\right)^{3/2} h \quad (7)$$

Если измерять  $M$  в единицах массы Солнца  $M_{\odot}$ , то формула (7) для спиральных галактик с учетом соотношения (5') примет вид:

$$\lg J_{\text{спир}} = \frac{3}{2} \lg \frac{M}{M_{\odot}} + 57.6. \quad (7')$$

### 3.2. Эллиптические, иррегулярные и компактные галактики.

В случае эллиптических галактик со значительной сплюснутостью

(подтипы E5-E7), можно воспользоваться информацией о вращательных данных по аналогии со случаем спиральных галактик. Однако для сферических или почти сферических систем скорость вращения настолько мала, что ее трудно определить из наблюдений. Тем не менее можно оценить верхнюю границу скорости вращения двумя путями: 1) предположить, что она равна удвоенной средней ошибке определения этой скорости; 2) исходя из того факта, что вращение вызывает лишь небольшую сплюснутость системы, характерную для подтипов E0-E2. Что касается масс этих систем, то, как известно, приходится оценивать их из дисперсии скоростей, вызывающих расширение спектральных линий. В табл. 2 приводятся полученные такими способами данные о некоторых эллиптических галактиках.

Таблица 2

ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ, ИРРЕГУЛЯРНЫЕ И КОМПАКТНЫЕ  
ГАЛАКТИКИ

Объект	Тип	$\frac{M}{m_{\odot}}$	$J \frac{1 \cdot \text{с.м}^2}{\text{сек}}$	$\left(\frac{M}{m_{\odot}}\right)^{3/2} h$	Источник
NGC 3115	E7	$4 \cdot 10^{68}$	$2 \cdot 10^{74}$	$8 \cdot 10^{75}$	а)
" 3379	E0	$2 \cdot 10^{68}$	$2.5 \cdot 10^{73}$	$3 \cdot 10^{75}$	б)
M 32	E2	$2 \cdot 10^{66}$	$1.5 \cdot 10^{70}$	$3 \cdot 10^{72}$	в)
БМО	Ir	$9 \cdot 10^{66}$	$1.5 \cdot 10^{72}$	$2.7 \cdot 10^{73}$	г)
ММО	Ir	$7.8 \cdot 10^{65}$	$1.9 \cdot 10^{70}$	$6.9 \cdot 10^{71}$	д)
l Zw 129	компакт.	$7 \cdot 10^{66}$	$1.6 \cdot 10^{72}$	$1.9 \cdot 10^{73}$	е)

- а) *M. Schwarzschild*, *A. J.*, 59, 273, 1954.  
 б) *R. H. Miller, K. H. Prendergast*, *Ap. J.*, 136, 713, 1962.  
 в) *E. M. Burbidge et al.* *Ap. J.*, 133, 393, 1961.  
 г) *M. W. Feast*, *M. N.*, 127, 195, 1964.  
 д) *J. H. Oort*, *Astron. Astrophys.*, 7, 381, 1970.  
 е) *R. W. O'Connell, R. P. Kraft*, *Ap. J.*, 175, 335, 1973.

Из этой таблицы видно, что в случае галактик, близких по форме к сферическим, значение момента, определяемое по формуле (5) примерно на два порядка превышает наблюдаемый момент. Поэтому для эллиптических галактик связь между наблюдаемым моментом и массой приближенно дается формулой:

$$J_{\text{эллип}} = 0.01 \left( \frac{M}{m_{\odot}} \right)^{3/2} h \quad (8)$$

или, если измерять  $J$  в системе СГС, а  $M$  — в единицах массы Солнца, то



$$\lg J_{\text{вращ}} = \frac{3}{2} \lg \frac{M}{M_{\odot}} + 56.6. \quad (8')$$

Если с одинаковым весом усреднить это соотношение с аналогичным соотношением (7') для спиральных галактик, то

$$\lg \bar{J} = \frac{3}{2} \lg \frac{M}{M_{\odot}} + 57.2. \quad (9)$$

Полученная таким образом формула (9) находится в согласии с полуэмпирической формулой Генкина и Генкиной (см. формулу (4) для второй модели в работе [7]):

$$\lg \bar{J} = (1.52 \pm 0.05) \lg \frac{M}{M_{\odot}} + 57.11 \pm 0.04,$$

выведенной совершенно другим путем, с использованием большого статистического материала.

**3.3. Скопления и сверхскопления галактик.** Данные о скоплениях и сверхскоплениях гораздо менее определены, чем данные о галактиках. Однако и здесь, как и в случае галактик эллиптической формы можно попытаться определить верхнюю границу вращательного момента, исходя из верхней границы для линейной скорости вращения. Лишь в случае Сверхгалактики Вокулера, в которую, в частности, входят скопление Девы и Местная Группа, можно говорить о более или менее определенном значении линейной скорости вращения Местной Группы, равной  $400 \pm 100$  км/сек на расстоянии 10 Мпс от центра Сверхгалактики.

Результаты оценок приведены в табл. 3, которая построена аналогично табл. 1 и 2. Из этой таблицы видно, что для больших систем типа скоплений и сверхскоплений значения моментов и масс связаны соотношением (5) с коэффициентом порядка единицы, т. е. почти точно. Этот факт, по-видимому, можно истолковать так, что скопления и сверхскопления действительно формируются из первоначальных адронов плоской формы, большая часть моментов которых расходуется на образование орбитальных моментов количества движения менее массивных адронов-протогалактик.

Отметим, что имеются также косвенные данные о существовании вращения Сверхгалактики Вокулера, которые основаны на корреляции ориентаций малых осей галактик. Наблюдения указывают, что эти оси преимущественно направлены перпендикулярно к плоскости уплощения Сверхгалактики, т. е. параллельно оси вращения Сверхгалактики как целого.



Аналогичные косвенные указания свидетельствуют в пользу гипотезы о вращении других сверхскоплений, например, сверхскопления в Рыбах и сверхскопления в Большой Медведице.

Космогоническое значение возможного вращения сверхскоплений и роль вращения скоплений для проверки различных теорий образования галактик проанализировал Л. М. Озерной [8], который подчеркнул, что наблюдаемые корреляции между осями вращений галактик на расстояниях порядка 100 *Mpc* свидетельствуют о реликтовой природе вращения и прямо обусловлены первоначальными физическими условиями, при которых формировались галактики. Такая корреляция представляется естественной, если галактики, их скопления и сверхскопления образовались за счет распада сверхтяжелых адронов с большим спином.

Таблица 3

## СКОПЛЕНИЯ И СВЕРХСКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК

Объект	$\frac{M}{m_p}$	$J \frac{1 \cdot \text{см}^2}{\text{сек}}$	$\left(\frac{M}{m_p}\right)^{3/2} h$	Источник
Скопление в Геркулесе	$2.5 \cdot 10^{70}$	$6.4 \cdot 10^{18}$	$4 \cdot 10^{78}$	а)
Скопление в Персее	$4 \cdot 10^{70}$	$1.5 \cdot 10^{19}$	$8 \cdot 10^{78}$	б)
Сверхгалактика Вокулёра	$3 \cdot 10^{72}$	$3 \cdot 10^{81}$	$5 \cdot 10^{81}$	в)

а) *G. R. Burbidge, E. M. Burbidge, Ap. J., 130, 627, 1959.*

б) *G. Chincarini, H. J. Rood, Ap. J., 168, 321, 1971.*

в) *G. de Vaucouleurs, W. L. Peters, Nature, 220, 868, 1968.*

Заметим, что косвенные указания на возможность вращения Метагалактики, основанные на корреляциях в ориентации скоплений, приведены в работе [9].

**4. Заключение.** Правильное понимание причины возникновения вращения галактик и их скоплений имеет большое космогоническое значение, так как вращение, по-видимому, является таким же врожденным качеством галактик, как и их масса, и поэтому таким путем может быть получена ценная информация о физических свойствах первоначальных протогалактик.

Рассмотренная здесь гипотеза позволила простым путем объяснить наблюдаемые значения моментов количества движения галактик и их скоплений в рамках космогонической концепции Амбарцумяна.

Учитывая, что значения масс и моментов галактик и их скоплений меняются в огромных интервалах (см. рис. 1), можно считать, что имеющееся согласие теоретических предсказаний с наблюдениями ука-

зывает на то, что предложенная конкретизация гипотезы Амбарцумяна является реалистичной и имеет физический смысл.

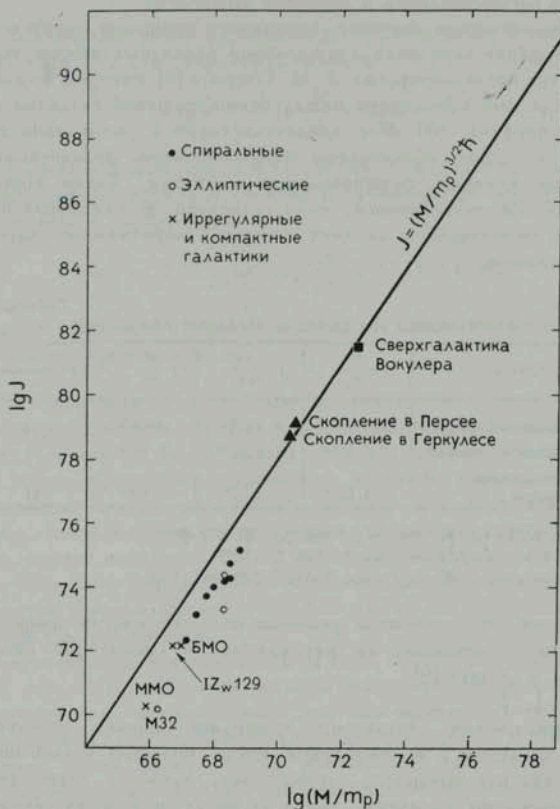


Рис. 1.

Здесь уместно напомнить, что в свое время учет совместного действия ядерных и гравитационных сил показал, что возможно существование макроскопических (астрономических) атомных ядер — нейтронных и гиперонных звезд (см., например, [10]).

Поэтому можно ожидать, что для более последовательного теоретического описания свойств сверхтяжелых адронов со спином не-

обходимо понять, как гравитационное поле влияет на структуру тяжелых сильновзаимодействующих частиц со спином. Вращение можно рассматривать как в высшей степени упорядоченное тепловое движение, когда вещество обладает одной степенью свободы. Точно так же, как тепловое движение невращающейся системы (газовое давление) препятствует гравитационному сжатию, так и огромный спин тяжелых адронов мог бы предохранить их от гравитационного коллапса.

По-видимому, более детальная разработка концепции формирования галактик за счет распада массивных адронов со спином, позволит помимо объяснения происхождения момента количества движения, дать ответ и [на другие теоретические проблемы формирования галактик.

Приношу глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за многочисленные ценные обсуждения и беседы, в результате которых фактически возникла настоящая работа. Большая часть ее была выполнена за время пребывания автора в Бюраканской астрофизической обсерватории.

За интерес к работе и полезные обсуждения выражаю глубокую благодарность академикам Н. Н. Боголюбову и А. А. Логунову, В. А. Матвееву и А. Н. Тавхелидзе.

Искренне благодарю сотрудников Бюраканской астрофизической обсерватории за гостеприимство.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## ON THE ORIGIN OF GALAXY ROTATION IN AMBARTSUMIAN'S COSMOGONY

R. M. MURADIAN

The origin of angular momentum of galaxies and of their clusters is attributed to conservation of the spin of supermassive hadrons in decays of which the galaxies are formed according to the ideas of Ambartsumian's superdense cosmogony.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. V. A. *Ambartsumian*, La Structure et l'Evolution de l'Univers, v. 11, p. 241, Inst. Phys. Solvay, Brussels, 1958; „The Structure and Evolution of Galaxies“, v. 13, p. 1, Inst. Phys. Solvay, Brussels, 1965; „Seminare d'Etude sur les Noyaux des Galaxies“, Pontificiae Academie Scientiarium, Vatican, 1971; A. J., 66, 536, 1961; Сб. „Проблемы эволюции Вселенной“, Изд. АН Арм.ССР, Ереван,



- 1968; Сб. „Философские вопросы науки о Вселенной“, изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1973.
2. Проблемы современной космогонии, под. ред. В. А. Амбарцумяна, Наука, М., 1972.
  3. *E. R. Harrison*, M. N., 148, 119, 1970; 154, 167, 1971.
  4. *R. F. Sistero*, *Astrophys. Space Sci.*, 24, 181, 1973.
  5. *J. Dethlefsen, H. Nielsen, H. C. Tze*, *Phys. Lett.*, 48B, 48, 1974.
  6. *A. Chodos, R. L. Jaffe, K. Johnson, B. C. Thorn and V. F. Weisskopf*, *Phys. Rev.*, D9, 3471, 1974.
  7. *И. А. Генкин, А. М. Генкина*, Труды Астрономического ин-та Каз.ССР, 20, 36, 1973.
  8. *L. M. Ozernoy*, *Proc. IAU Symp. No. 58*, Dordrecht-Holland, 1974.
  9. *А. В. Манджос, В. В. Тельнюк-Адамчук*, *Астрон. цирк.*, № 681, 1972; № 767, 1973.
  10. *В. А. Амбарцумян, Г. С. Саакян*, *Астрон. ж.*, 37, 193, 1960.