

К 100-летию со дня рождения  
академика В.А.Амбарцумяна

## АМБАРЦУМЯНОВСКАЯ ПАРАДИГМА ОБ АКТИВНОСТИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ЯДЕР И ЭВОЛЮЦИЯ ГАЛАКТИК

Г.А.АРУТЮНЯН

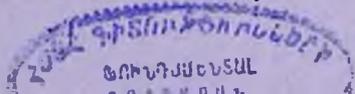
Поступила 5 мая 2009

Рассмотрен вопрос о становлении новой парадигмы формирования галактик путем распада более плотного вещества, предложенной Амбарцумяном. Утверждается, что корни этой концепции можно найти в самых первых работах Амбарцумяна, посвященных исследованию квантовых полей и структуры атомного ядра. Именно в начале 30-х годов прошлого столетия в его работах появились новые идеи о выбросе одним физическим объектом другого, которого изначально не существовало внутри первого. Приводятся те основные наблюдательные данные, которые послужили основой для окончательного формирования новой концепции. Особое внимание обращается на те объекты и явления, дальнейшее исследование которых доказало правоту рассуждений и доводов Амбарцумяна. Отмечается тот факт, что открытие ускорения Хаббловского расширения Вселенной открывает новые возможности для интерпретации явлений активности в рамках амбарцумяновской концепции. Рассматривается вопрос о дальнейшем развитии данной концепции и предлагается гипотеза, что главным результатом такого подхода должно быть доказательство существования галактик всех возрастов в ограниченном объеме пространства.

**Ключевые слова:** *галактики:активность ядер и эволюция*

1. **Введение.** Исследование активных ядер галактик в настоящее время является одним из наиболее интенсивно разрабатываемых направлений во внегалактической астрономии. Большое разнообразие как исследуемых объектов, так и форм проявлений активности, делает данную область исследований очень важной с точки зрения понимания эволюционных процессов, а также чрезвычайно привлекательной для применения самых различных космогонических моделей. Это направление исследований возникло примерно полвека назад на основе анализа наблюдательных данных и вскоре разрослось огромным количеством теоретических моделей,

Следует отметить, что в весьма широкой сфере научных исследований В.Амбарцумяна концепция физической активности космических объектов и, в частности, ядер галактик стоит особняком. Последняя была создана на основе существующих в 50-е годы прошлого века наблюдательных фактов без явного применения сложной математики, но используя при этом



важнейшие результаты своих же теоретических выкладок, сделанных в 30-х годах при исследовании динамики звездных систем.

Сама идея об активности галактических ядер поначалу была отвергнута всеми крупнейшими авторитетами в области внегалактической астрономии и стала общепринятой лишь впоследствии. Следует отметить, однако, что это произошло исключительно с точки зрения признания наблюдательных проявлений активности, но не с новой парадигмой вообще. Под давлением наблюдательных фактов *"согласившись с существованием взрывов в ядрах галактик, они стали объяснять их не как результат освобождения энергии, заключенной в ядре, т.е. с точки зрения нового, не известного до сих пор свойства вещества, а как следствие гравитационного коллапса диффузного вещества"* [1]. С другой стороны, даже последователи Амбарцумяна обычно видят истоки концепции об активности ядер галактик в его пионерских работах по интерпретации излучения радиогалактик, опубликованных в середине 50-х годов прошлого столетия. При таком подходе остается не выявленным тот образ мышления, который был свойственен Амбарцумяну с самого начала его научной карьеры.

На самом деле, идеи об эволюции объектов различных иерархических уровней мироздания у него появлялись уже в конце 20-х и в начале 30-х годов прошлого века. В работе [2] он впервые с Д.Иваненко предлагает идею, что при взаимодействиях элементарных частиц ненулевой массы покоя могут возникнуть или исчезнуть некоторые из них. Идея о рождении частицы ненулевой массы покоя была абсолютно новой и не вытекала из классических представлений. И как отмечают об этом Герштейн и Логунов [3], именно эта идея *"лежит в основе современной физики элементарных частиц и квантовой теории поля"*. Но, с другой стороны, эта идея о *"рождении чего-то, не существующего до определенного момента"*, нередко появляется в более поздних работах Амбарцумяна, посвященных проблемам формирования и эволюции космических объектов.

Данная работа, посвящена изложению амбарцумяновских идей о явлении активности галактических ядер. Делается попытка проанализировать работы Амбарцумяна с более общей точки зрения и искать корни данной концепции в его более ранних работах. Мы не ставим цели всеобъемлющего представления развития данной области, поскольку для более или менее полного его описания потребовались бы очень большие журнальные объемы. Мы ограничимся системным изложением наследия Амбарцумяна с целью выявления тех предпосылок, которые, в конечном счете, привели его к нестандартному выводу о физической активности ядер галактик, а также большой важности активных процессов в эволюции космических объектов и, в частности, галактик. В данной работе также приводится ряд новых наблюдательных фактов, которых не было известно при жизни

Амбарцумяна. Новые данные относятся как к рассмотренным Амбарцумяном частным задачам, так и к идее об активности вообще.

2. *Новые идеи 1930-х годов и их значение для определения эволюционных направлений.* Наряду с вышеупомянутой работой Амбарцумяна и Иваненко [2], следует обратиться и к другой работе тех же авторов [4], опубликованной в 1930г., которая была посвящена анализу структуры атомных ядер. Она чрезвычайно важна тем, что впервые аргументируется возможность явления, при котором одним физическим объектом (атомное ядро) может быть выброшен другой объект (электрон при  $\beta$ -распаде), *которого не существовало в ядре до момента выброса.* Дело в том, что для объяснения структурных особенностей атомных ядер, а также экспериментального факта  $\beta$ -распада, в течение небольшого периода времени стали пользоваться моделью атомного ядра, согласно которой оно считалось состоящим из протонов и свободных электронов. Протонов в ядре должно было быть в количестве, совпадающем с атомным числом (обеспечение общей массы ядра), а электронов - в количестве разности атомного числа и заряда (обеспечение общего заряда ядра).

Учитывая достаточно явные противоречия между этой моделью и данными различных экспериментов, авторы предложили новую интерпретацию. По физической сущности она напоминает процесс поглощения и испускания фотона (частицы с нулевой массой покоя) атомом: *"все явление совершенно аналогично излучению световых квантов атомом, т.е. электрон, так же как фотон (световой квант), не обладает индивидуальностью в ядре до выброса"* [4]. Несомненно, эта идея по своему значению была фундаментальной, являясь естественным продолжением и применением главной идеи, высказанной в [2] о возможности рождения и гибели индивидуальности элементарных частиц с ненулевой массой покоя. Такой подход в 30-х годах прошлого столетия, очевидно, был совершенно новым, так как до этого времени не было высказываний об уничтожении (потери индивидуальности) физических объектов ненулевой массы. Правда, авторам тогда не удалось уточнить механизм потери индивидуальности электронов в ядре, но работа важна тем, что они взяли на себя смелость отказаться от принятой модели присутствия в ядрах свободных электронов. *Возможность физического процесса, при котором некоторый физический объект обладает активностью выброса другого объекта, несуществующего до выброса внутри первого, указывала на новые механизмы формирования космических объектов, принадлежащих различным иерархическим уровням мироздания.*

Следующим важным этапом, который, по всей видимости, сыграл важную роль в становлении амбарцумяновской концепции о тесной связи между физической активностью объектов и их эволюцией, было

исследование воздействия светового давления со стороны центральной звезды на динамику планетарных туманностей [5]. В этой работе им было доказано, что из-за светового давления указанные газовые формирования не могут существовать больше ста тысяч лет, если нет подпитки новыми количествами газа. В данной работе впервые было доказано, что указанные туманности формируются вследствие истечения вещества из звезды, т.е. *из более плотного объекта образуется более разреженный объект*. В известном смысле, этот результат уже положил основу для развития более общей концепции, что *распад и рассеяние* характеризуют направленность, по крайней мере, некоторой части процессов, наблюдаемых в нашей Галактике. Этот вывод требовал большего внимания, так как полностью согласовался со вторым началом термодинамики.

К аналогичному выводу пришел Амбарцумян при анализе совокупности визуально-двойных звезд в Галактике [6], а также открытых звездных скоплений [7]. В [6] он доказал, что звездные пары намного чаще распадаются при их встрече со звездами поля, чем могут быть образованы новые пары при случайных тройных встречах одиночных звезд. Это означало, что в нашу эпоху происходит увеличение относительного числа одиночных звезд в общем семействе звезд нашей Галактики. В другой упомянутой выше работе [7], используя принципы звездной динамики, Амбарцумян пришел к выводу, что открытые звездные скопления со временем теряют все больше звезд. Это происходит вследствие обмена энергией, посредством чего некоторые звезды получают достаточную для ухода от скопления энергию. Данное явление, названное испарением скоплений, также свидетельствует о том, что *наблюдаемые в нашей Галактике процессы распада и рассеяния действительно имеют общий характер и играют большую роль в эволюции как отдельных объектов, так и их систем*.

Следующим важным этапом становления амбарцумяновской концепции о физической активности следует считать исследование звездных ассоциаций в нашей Галактике [8] в 40-х годах прошлого столетия (см. также обзорную статью [9]). Главным результатом этих исследований стало доказательство динамической неустойчивости этих систем, и, как следствие, возможность оценить их возраст. На основе полученных оценок автор доказал существование молодых звезд в нашей Галактике. В более общем виде эти результаты могут быть сформулированы следующим образом: *в нашу эпоху в ограниченном объеме пространства могут быть найдены звезды всех возрастов* [10]. Под ограниченным объемом в данном случае подразумеваются отдельные галактики (например, наша Галактика).

**3. Кратные галактики.** Активные явления в мире галактик Амбарцумяном впервые были рассмотрены в середине 50-х годов прошлого столетия в небольшой работе "Некоторые замечания о кратных галактиках"

[11]. Этот доклад был кратким описанием результатов, которые были основательно аргументированы и обоснованы в другой работе, опубликованной хронологически позднее вышеупомянутой [12]. Именно в последней работе были сформулированы те основные принципы, которые впоследствии стали краеугольным камнем для становления представлений об активных явлениях в галактиках. Автор отмечает известную уже в то время [13,14] тенденцию галактик войти в состав скоплений или групп, выраженную в большей степени, чем в случае звезд. На основе этих фактов и результатов анализа аналогичных ситуаций в мире звезд, он показал, что *в современных условиях Метагалактики указанные системы либо сохраняются, либо распадаются. Но они не могут обогащаться за счет галактик, которые возникли независимо от них.* Более того, в этой работе он приходит к выводу, что *процент кратных галактик в отдельно взятом скоплении галактик во много раз превосходит ту расчетную величину, которая должна была наблюдаться при термодинамическом равновесии.* Заключение, сделанное на основе данного анализа, является идентичным с тем, которое было сделано при рассмотрении аналогичной задачи в случае кратных звезд: *"компоненты, входящие в состав данной двойной или кратной галактики, или же в состав данного скопления галактик, образовались совместно"* [11].

Другим весьма важным выводом явилось то, что *процент кратных систем типа Тrapeции Ориона очень высок, и они составляют не меньше половины всех кратных галактик.* На основе данного вывода можно предположить, что *"часть кратных галактик типа Тrapeции имеет положительную энергию, т.е. представляет собой группы, которые распадаются непосредственно после своего возникновения"* [12].

Эта же проблема обсуждается и с другой точки зрения. Рассматривая вопрос о выполнении теоремы вириала для кратных систем галактик, Амбарцумян отмечает, что предположение об отрицательности энергии пары галактик приводит к неравенству

$$M > \frac{\rho v_z^2}{2G}, \quad (1)$$

где  $M$  - общая масса компонентов,  $\rho$  - расстояние между компонентами в проекции,  $v_z$  - составляющая относительной скорости по лучу зрения, а  $G$  - гравитационная постоянная. Вычислив из наблюдений значение величины  $\rho v_z^2$  для реальных пар и кратных систем, Амбарцумян получил, что для кратных галактик оно в пять раз больше, хотя последние представляли собой тройные системы, а лучевые скорости были определены для двух наиболее ярких галактик. Анализ показывает, что единственным слабым допущением, которое могло бы привести к такому результату, является предположение об отрицательности полной энергии рассмотренных кратных систем.

Эти выводы, сделанные на основе изучения кратных систем галактик,

позволили Амбарцумяну впервые прийти к заключению, что компоненты, входящие в эти системы, в прошлом могли быть единым объектом, которые впоследствии разделились на самостоятельные части примерно так, как происходит при распаде сверхтяжелых атомных ядер или нейтрона. Однако, если в микромире процесс в нашей системе отсчета происходит почти мгновенно, то в мире галактик, наоборот, мы можем наблюдать лишь застывшие "стоп кадры" подобного явления. "Таким образом, вместо представления о приливном взаимодействии двух случайно проходящих мимо друг друга галактик, возникает простое понимание этих перемычек, как результат сравнительно недавно происшедших процессов разделения совместно возникших галактик" [12].

Теорема вириала, как известно, связывает между собой массу  $M$ , радиус скопления  $R$  и дисперсию скоростей галактик

$$v^2 = \frac{GM}{2R}. \quad (2)$$

Расчеты показывали, что формула (2) дает очень большие значения для масс скоплений галактик. Объяснения с помощью притяжения огромного количества межгалактического вещества внутри скопления или больших значений отношения масса/светимость оказались необоснованными (впоследствии для устранения этих противоречий была задействована гипотеза о темной материи). Между тем, противоречие исчезает, если допускается, что эти скопления обладают положительной энергией. В свою очередь, это означает, что они возникли в результате расширения существовавших ранее очень тесных групп галактик (это заключение впоследствии стало научным обоснованием для поиска компактных групп компактных галактик).

4. *Радиогалактики.* Амбарцумян впервые обращается к вопросу о механизме образования радиогалактик в связи с обсуждением кратных галактик [12]. В качестве примеров рассматривались радиогалактики Лебедь А и Центавр А (NGC 5128), которые уже были интерпретированы Бааде и Минковским [15] как результат случайного столкновения двух ранее независимых галактик. Таким образом, мощное радиоизлучение данных объектов считалось результатом соударения газовых компонент этих галактик.

В середине 50-х прошлого столетия из-за завышенного значения постоянной Хаббла (180 км/с/Мпк в 1956г. [16]) расстояния всех внегалактических объектов были занижены более чем 2 раза. Галактика NGC 5128 считалась членом Местной группы галактик. Поэтому Амбарцумян вычислил вероятность случайного столкновения двух гигантских галактик, принадлежащих Местной группе. Обозначив через  $n$  число галактик, входящих в состав группы, он вычислил, вероятность случайного расположения галактик, при котором для какой-либо пары угловое расстояние будет  $d$

$$P_1 = \frac{n(n-1)}{2} \frac{d^2}{4}. \quad (3)$$

При расстоянии  $d = 10''$  и  $n = 16$  он получил  $P_1 < 10^{-7}$ .

Хотя уточнение расстояния NGC 5128 показало, что она находится на расстоянии 3.4 Мпк, и не входит в состав Местной группы, тем не менее, оценка вероятности остается в силе. Следует отметить, что в настоящее время сценарий с привлечением лобового столкновения утратил свою привлекательность и с целью интерпретации аналогичных явлений в галактиках применяются его модификации - механизмы слияния и каннибализма, т.е., согласно новым сценариям происходит падение более мелких галактик в потенциальную яму гигантских галактик.

На рис.1 приведены новые изображения галактики NGC 5128. Они получены с использованием новых технических возможностей в инфракрасном и рентгеновском диапазонах. Приведено также изображение, полученное с помощью комбинирования рентгеновского, оптического и радиоизображений. В инфракрасном изображении видна неискаженная спиральная структура внутри галактики, ядро которой совпадает с ядром эллиптического компонента

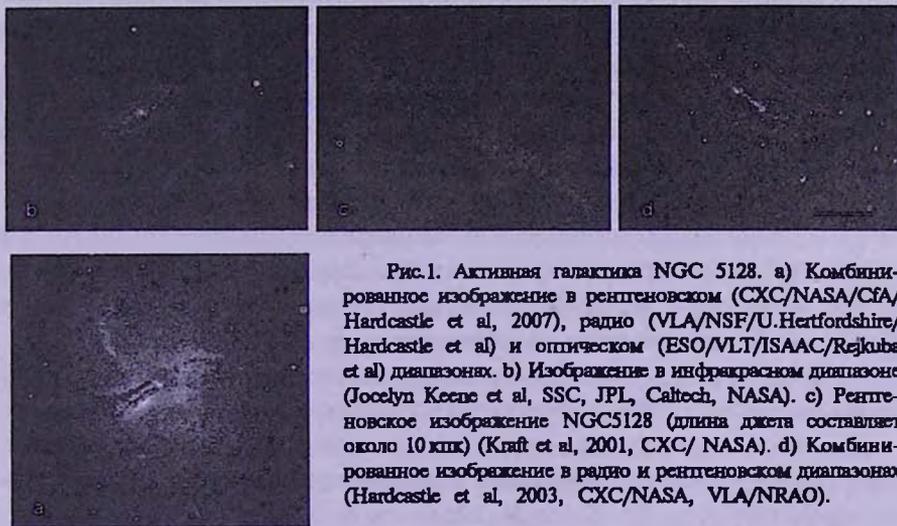


Рис.1. Активная галактика NGC 5128. а) Комбинированное изображение в рентгеновском (СХС/NASA/CfA/Hardcastle et al, 2007), радио (VLA/NSF/U.Hertfordshire/Hardcastle et al) и оптическом (ESO/VLT/ISAAC/Rejkuba et al) диапазонах. б) Изображение в инфракрасном диапазоне (Jocelyn Keene et al, SSC, JPL, Caltech, NASA). в) Рентгеновское изображение NGC5128 (длина джета составляет около 10 кпк) (Kraft et al, 2001, СХС/ NASA). д) Комбинированное изображение в радио и рентгеновском диапазонах (Hardcastle et al, 2003, СХС/NASA, VLA/NRAO).

галактики. На рентгеновском снимке можно видеть струю длиной 10 кпк и множество точечных источников. В настоящее время распространяется гипотеза о том, что галактикой NGC 5128 поглощена спиральная галактика.

Амбарцумян в свое время особо подчеркивал то обстоятельство, что все галактики, имеющие мощное радиоизлучение, принадлежат классу сверхгигантов, число которых достаточно мало по сравнению с галактиками низкой светимости. (Как известно, в дальнейшем было показано, что

наиболее мощные радиогалактики совпадают со сверхгигантами сD [17], занимающими центральное место в скоплениях галактик). Отсюда следует, что столкновение двух галактик низкой абсолютной яркости в десятки тысяч раз более вероятно, чем столкновение двух галактик сверхгигантов. Ясно, что нельзя было а priori утверждать, что радиогалактики представляют собой совершенно однородную группу объектов. На этой основе автор предположил, что наблюдаемые в радиогалактиках признаки двойственности и усложненной структуры свидетельствуют отнюдь не о столкновениях, а о делении (галактик или их ядер) или выбросах из ядра.

Окончательное решение вопроса затруднялось (и затрудняется) тем, что многие аргументы, приводимые для доказательства столкновения, могут быть легко обращены в аргументы в пользу гипотезы о делении, и наоборот. Такой неоднозначный характер носят, в частности, многие аргументы, которые обусловлены особенностями геометрической структуры или различиями лучевых скоростей различных частей данной галактики. *В связи с этим желательно изучение критериев, которые не зависят от указанных характеристик и дают большую возможность однозначного суждения.*

В качестве первого такого критерия рассматривается вопрос абсолютных величин радиогалактик. Несмотря на то, что из-за большого значения постоянной Хаббла абсолютные величины были занижены, тем не менее, было очевидно, что все эти галактики являются "объектами весьма высокой светимости". На основе анализа делается вывод о том, что наиболее надежно отождествленные радиогалактики являются галактиками сверхгигантами.

Совершенно очевидно, что факт относительного преобладания сверхгигантов среди радиогалактик представляет большие трудности для гипотезы о столкновениях, потому что приводит к *"искусственному предположению о чрезвычайно сильной зависимости возбуждаемого радиоизлучения от масс сталкивающихся галактик"*.

Согласно Амбарцумяну галактики сверхгиганты могут расщепляться или выбрасывать из глубины своих ядер большие космические массы со значительной скоростью. Тогда для частиц, производящих радиоизлучение, могут быть предложены следующие две причины: а) они возникают вследствие взаимодействия газов отделившейся массы с газовым составляющим первоначальной галактики, что с физической точки зрения совпадает со столкновительным механизмом; и б) частицы высоких энергий испускаются выброшенной массой.

5. *Голубые спутники и двуядерные структуры.* Известная галактика М 87, которая отличается наличием струи, исходящей из ее центра и содержащей хорошо заметные сгущения, занимает особое место в числе галактик с активными ядрами. Непрерывный спектр и поляризованность излучения сгущений струи давали основание считать его синхротронным.

Так как это явление было уникальным, Амбарцумян впервые поставил вопрос о поиске аналогичных образований в других галактиках [18].

Считая струи результатом выброса вещества, а сгущения в них - более долговечными по сравнению с остальными частями, авторы данной статьи приходят к выводу, что через некоторое время вместо струй со сгущениями должны оставаться лишь отдельные сгущения, которые будут наблюдаться в виде голубых спутников. Исчезновение струй затрудняет поиск явной физической связи оставшихся голубых сгущений с ядром. *"Разумеется, что в этом случае мы не можем быть уверенными в том, что имеем дело с фактом выброса. Более того, вопрос о физической связи между таким спутником и эллиптической галактикой подлежит дальнейшему изучению, тем более, что существование слабых одиночных галактик с отрицательным показателем цвета, как показали наши поиски, является несомненным"* [18].

Там же приводится ряд примеров струй и голубых спутников вокруг эллиптических галактик, обладающих той или иной морфологической peculiarity. В числе таких объектов авторы приводят двойную галактику NGC3561, из южной составляющей которой имеет место выброс в виде струи, галактику IC 1181, обладающую голубым выбросом, а также несколько других объектов, найденных на Паломарских картах. Результаты аналогичных исследований опубликованы в следующей работе авторов [19].

Следует обратить внимание на то, что все перечисленные галактики впоследствии стали предметом интенсивных исследований, и известны также под другими названиями. Например, галактика NGC 3561 входит в атлас Арпа [20] под номером 105, а маленький эллипсоидный спутник южнее этой галактики называется сгущением Амбарцумяна. Вокруг галактики NGC 3561 было найдено много подобных сгущений, определение физической сущности которых не было простым делом. Например, недалеко от сгущения Амбарцумяна (64" - западнее и 12" - южнее) был найден точечный объект, для которого возникло подозрение *"о возможной связи с замечательным рядом голубых сгущений южнее эллиптической галактики в этой системе, однако спектр показал, что он является квазаром"* [21]. Следует отметить, что вся эта система объектов находится в составе эйбловского скопления A1185.

Другая упомянутая галактика IC 1181, которая находится в скоплении Геркулеса (A 2151), вместе с галактикой IC 1178 составляет известную пару "хвостатых" галактик Арп 172. Она отмечается Амбарцумяном также как классический пример двудёрной галактики [22]. *"Если исключить из рассмотрения два ядра, находящиеся в центральной части этой галактики, т.е., если рассматривать только области низкой поверхностной яркости, то галактика напоминает зеркальное отображение буквы S и, при этом, довольно правильное и симметричное... Предположение о том, что одно из ядер проектируется на галактику, кажется совершенно неправдоподобным,*

так как мысленное удаление одного из ядер делает галактику слишком несимметричной. Мы не говорим уже о том, что вероятность такого точного проектирования очень мала" [22]. Анализ еще нескольких подобных случаев позволяет Амбарцумяну придти к заключению, что случайное проектирование или случайное сближение с образованием симметричных образований, должны быть исключены ввиду крайне малой вероятности их осуществления. Более того, автором особо подчеркивается тот факт, что приведенные им примеры найдены на Паломарских картах совершенно случайно, когда атлас рассматривался в других целях. И поэтому он заключает, что при специальном поиске таких примеров было бы намного больше, что еще больше снижает вероятность их случайного проектирования.

Возвращаясь еще раз к прототипу галактик с хорошо выраженной струей - к М 87, отметим, что Амбарцумян не верил, что струя состоит исключительно из релятивистских электронов. *"Вероятно, эти конденсации содержат огромное количество релятивистских электронов. Однако трудно опровергнуть предположение, что в дополнение к релятивистской плазме эти сгущения включают в себя также существенное количество обычного вещества. В частности, они, вероятно, содержат в особенности источники релятивистских электронов"* [23]. Данное предположение было сделано в 1961г. Здесь, на рис.2, приводятся результаты наблюдений сгущений указанной струи в начале нашего столетия [24]. За шесть лет светимость

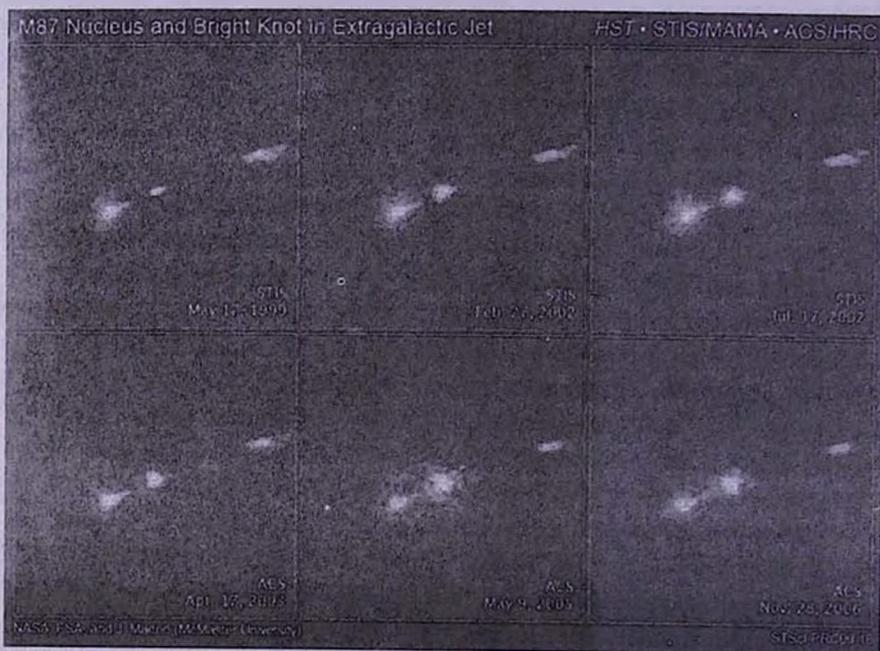


Рис.2. Изменение яркости сгущения в струе галактики М 87 (см. [24]).

ближайшего к ядру сгущения возросла в 90 раз, т.е., мы наблюдаем реальную вспышку, которая, естественно, не могла произойти в среде, состоящей из одних релятивистских электронов.

6. *Формы активности ядер галактик.* Новая парадигма об образовании и эволюции галактик была окончательно сформирована в перечисленных выше работах Амбарцумяна. После этого в данной области он опубликовал более одного десятка новых работ, в которых основная идея остается неизменной, автор лишь добавляет новые свидетельства в ее пользу, как в виде наблюдательных фактов, так и рассуждений и анализа. В наиболее общей форме идею об эволюции галактик Амбарцумян впервые представил на XI Солвейской конференции в Брюсселе в 1958г. [25]. Фактически именно в этом докладе были систематизированы и окончательно сформулированы все концептуальные идеи, связанные с новой парадигмой образования и эволюции галактик. Эта работа может служить прекрасным примером последовательного изложения наблюдательных фактов и построения шаг за шагом новой концепции. Автором рассматриваются все известные наблюдательные факты, начиная от тенденции к группированию галактик и отклонения от диссоциативного равновесия современного населения систем галактик до физической природы радиогалактик и ядер галактик.

С целью подкрепления утверждений, сделанных ранее, Амбарцумян в работе [25] приводит новые наблюдательные факты, а также более детальные рассуждения о физическом механизме активных явлений. Более подробно, например, рассматриваются перемиčky и волокна, связывающие компоненты двойных и тройных галактик, на которые в свое время обратил внимание Цвикки [26]. Автор анализирует возможные физические процессы образования таких образований и приходит к выводу, что они *возникают при взаимном удалении двух или нескольких галактик* и что такая интерпретация гораздо лучше согласуется с данными наблюдений, чем распространенное мнение, что они возникли вследствие приливных взаимодействий. В качестве другого типа конфигурации рассматривается галактика M 51, а обнаружение аналогичной конфигурации NGC 7752-7753 отмечается как свидетельство в пользу гипотезы о связи между процессом деления первоначального ядра и образованием спиральных рукавов. Об этом же свидетельствуют также галактики, *спиральный рукав которых заканчивается большим конгломератом объектов, относящихся к населению I типа.*

Новым, по сравнению с первыми работами, является также более подробное рассмотрение роли межзвездного газа, а также вопроса о происхождении населения II типа. В первом случае автор приводит ряд доводов в пользу того, что, скорее всего, *звезды и газ возникают совместно из дозвездного вещества.* Здесь автор напоминает один из своих старых результатов [27] о том, что *огромное различие в законах распределения*

скоростей звездных населений I и II типа делает невозможным предположение об эволюционных переходах из одного типа в другой. В качестве другого аргумента в пользу принципиального различия между двумя типами населения Амбарцумян приводит тот факт, что через стадию RR Лиры проходит значительная часть населения II типа, тогда как этих переменных вовсе нет в плоской подсистеме. Учитывая также, что лучевые скорости шаровых скоплений могут быть интерпретированы как результат их истинного движения либо по очень вытянутому, либо прямолинейным орбитам [28], проходящим через центр Галактики, он приходит к выводу, что шаровые скопления были выброшены из центрального ядра Галактики.

Позднее Амбарцумян возвращается к этой теме снова, прекрасно понимая важность проблемы. Поэтому, в своем докладе на заседании Королевского астрономического общества в Лондоне он отмечает: "Конечно, мы всегда должны иметь в виду, что допущение о происхождении спиральных рукавов и систем шаровых скоплений непосредственно из ядра данной галактики встречает трудности, связанные с сохранением массы и с сохранением момента количества движения. Возможно, что эти трудности являются указанием на то, что связь между ядром и процессом формирования рукавов и шаровых скоплений не является очень простой" [29]. В заключении этого доклада он добавляет, что "по мере углубления в сущность проблемы эволюции галактик все более очевидной становится важность одного обстоятельства, подчеркнутого много лет тому назад Кукаркиным. Это обстоятельство заключается в том, что пути развития плоской и сферической подсистем звезд в Галактике являются независимыми друг от друга" [29].

Разделение населений на два типа с точки зрения механизма формирования имеет принципиальное значение. Этот вопрос более подробно рассматривается в двух приглашенных докладах, представленных на симпозиуме МАС в Санта-Барбаре [30] и на Генеральной Ассамблее МАС в Беркли [31]. И по сей день в качестве аргумента прекратившегося звездообразования населения II типа нередко приводят отсутствие газа в гало галактик, а также в галактиках ранних типов. Здесь не лишне отметить одно немаловажное обстоятельство, связанное с появлением населения II типа на различных иерархических уровнях мироздания. Как известно, в отличие от I типа, оно существует во всех галактиках в виде гало. Более того, галактики, состоящие из звездного населения II типа, всегда имеют регулярную сфероидальную форму и сами также входят с большей вероятностью в регулярные формирования.

С другой стороны, с точки зрения динамических особенностей, объекты, принадлежащие населению II типа, а также системе регулярной формы, отличаются отсутствием вращения или очень умеренным вращением. Это может означать, что формирование населения II типа происходит под воздействием некоей общей закономерности, тогда как для формирования

населения I типа требуется добавочное условие. Этим добавочным условием, несомненно, является момент количества движения, механизм возникновения которого по сей день остается предметом достаточно больших споров.

Для сравнительно большей полноты настоящего обзора следовало бы отметить также работы [32-34], которые представляют собой изложения приглашенных или вступительных докладов на симпозиумах и конференциях, посвященных проблемам внегалактической астрономии или активным явлениям в галактиках. Работа [33] была представлена в виде вводного доклада на Бюраканском симпозиуме "Нестационарные явления в галактиках", который, по сути дела, стал первым специализированным симпозиумом Международного Астрономического Союза на тему проявлений активности ядер галактик и влияния активности на эволюционные процессы. Тем самым завершился десятилетний период активных исследований Амбарцумяна в данной области.

*7. Дальнейшее развитие концепции об активности ядер галактик (AGN).* Несмотря на первоначальное скептическое отношение к идее об активности ядер галактик и возможности влияния ядер на формирование и эволюцию структурных особенностей галактик, впоследствии она получила широкое признание. Большую роль сыграли в этом процессе новоявленные наблюдательные факты, которые были получены многими авторами во всем мире. Фактически, все галактики, отмеченные Амбарцумяном в качестве примеров того или иного типа активности в ядрах, в дальнейшем стали предметами пристального внимания и подверглись всесторонним наблюдениям. О некоторых новых результатах речь уже шла в предыдущих разделах настоящей статьи. Здесь вкратце остановимся еще на одном хорошо известном примере.

Еще в 1958г. в качестве очень молодой галактики Амбарцумяном была отмечена галактика M 82 [25]. Он обратил внимание на эту галактику, исходя исключительно из соображений динамической стабильности группы галактик, связанной с M 81 и пришел к выводу, что *"M 82 просто удаляется из группы, связанной с M 81 со скоростью, значительно превосходящей скорость отрыва"*. Через пять лет после этого вывода Линдс и Сэндидж [35] показали, что 1.5 миллиона лет назад в ядре этой галактики произошел взрыв колоссального масштаба, вследствие чего из ядра была выброшена огромная масса вещества. По этому поводу Амбарцумян на XIII Солвейской конференции вспоминает: *"Пологаясь на некоторое число косвенных свидетельств, я тогда должен был показать, что из галактик иногда могут выбрасываться огромные массы обычного вещества. Теперь, когда опубликована прекрасная работа Сэндиджа и Линдса относительно галактики M 82, я думаю, что уже нет места для сомнений на этот счет"* [32].

После упомянутой работы Линдса и Сэндиджа интерес исследователей к галактике M 82 возрос. С усовершенствованием техники наблюдений галактика была исследована во всех диапазонах, в том числе, в инфракрасном (см.,

например, [36] и ссылки в ней) и в рентгеновском диапазонах (см., например, [37] и ссылки в ней). На изображениях в рентгеновском диапазоне было открыто большое количество точечных источников как в непосредственной близости к галактике, так и на ее "основном теле". Для некоторой части этих источников с помощью телескопа *Keck1* были получены спектры. В большинстве своем они оказались квазарами [38]. Авторы работы [38], которые являются приверженцами нестандартной космологической модели, приходят к выводу, что эти квазары выброшены из ядра галактики *M 82* вследствие взрыва. На рис.3 приведены изображения галактики *M 82* в оптических лучах и в рентгеновском диапазоне. Нет сомнения, что дальнейшие исследования *M 82* дадут еще больше новых результатов по явлению активности.

Идея об активности ядер галактик стала сильным толчком для целенаправленных наблюдательных программ. Среди таких программ особое место занимает первый бюраканский спектральный обзор неба, начатый Маркарянном (см., например, [39,40]). Целью этого обзора было обнаружение галактик с ультрафиолетовым (UV) избытком в спектре. По этой программе было открыто более 1500 внегалактических объектов, большинство которых обладает активным ядром. Около 10 процентов этих галактик обладает физическими характеристиками сейфертовских галактик. В ряде случаев ядра галактик с UV-избытком являются двойными или кратными. По сей день продолжают интенсивные исследования этих галактик, известных в научной литературе как галактики Маркаряна. В этом списке немало объектов с уникальными свойствами. *Mark 421* и *501* одни из наиболее мощных гамма эмиттеров, излучающих в TeV области (см., например,

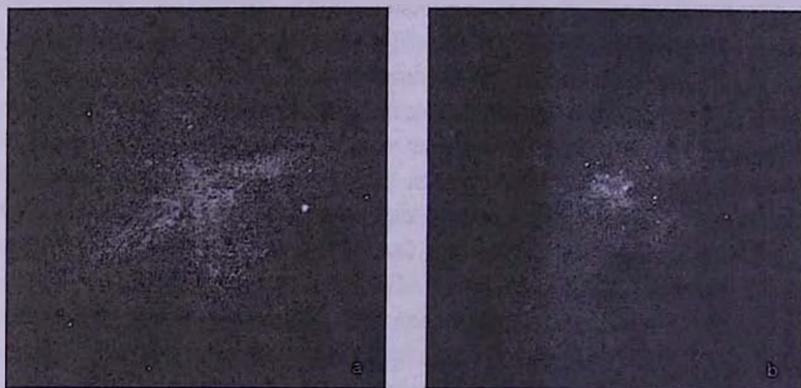


Рис.3. Галактика *M 82*. а) Комбинированное изображение в оптическом (HST), инфракрасном (Spitzer) и рентгеновском (Chandra) диапазонах (NASA/JPL-Caltech/STScI/CXC/UofA/ESA/AURA/JHU). б) Изображение в рентгеновском диапазоне (Chandra).

[41,42]), *Mark 266* обладает хорошо выраженным кратным ядром (см., например, [43]), спектры *Mark 530*, *993* и *1018* переходят из второго

сейфертовского типа в первый и т.д.

Перенимая понятие активности ядер галактик, традиционная космогония в настоящее время развивается своим путем. В связи с этим отметим лишь обзорные работы [44,45], первая из которых посвящена описанию процесса становления объединенной модели активных ядер, а во второй сделана попытка привести все основные вехи накопления фактов и выбора основной модели.

8. *Заключение.* Явления физической активности космических объектов чрезвычайно разнообразны, но их объединяет одно обстоятельство - наличие некоторого количества *дополнительной* энергии. На первом этапе исследования активных явлений вопрос об источнике энергии нередко задвигался на второй план. Более важным считался сам процесс выделения энергии и совершения работы за счет этой энергии.

На наш взгляд причиной пристального внимания со стороны Амбарцумяна к активным явлениям было следующее обстоятельство. Понятно, что процесс дополнительного энерговыделения всегда связан с пертурбациями во внутреннем строении объекта. Именно поэтому он считал, что в стадии активности космические объекты достаточно явно показывают направление своей эволюции. *"Хотя длительность космогонических процессов в большинстве случаев настолько велика по сравнению с периодам астрономических наблюдений, что непосредственно заметить изменения, которые являются результатом этих процессов, как правило, невозможно, в жизни космических тел и их систем есть и такие этапы, когда в них возникают в ходе самого процесса развития новые силы, коренным образом меняющие их состояние. Именно в таких случаях мы говорим, что объект находится в нестационарном состоянии. Быстрота происходящих при этом изменений создает возможность либо наблюдать эти изменения непосредственно, либо делать выводы о них на основе очень многих косвенных данных"* [1].

Нестационарность объектов в данном интервале времени, по сути, мало чем отличается от активности, хотя при более тщательном анализе терминов, можно найти некоторые отличительные смысловые нюансы. Тем не менее, нередко возникает необходимость более точного смыслового определения для этих терминов, когда они применяются для описания того или иного физического явления. Активность или нестационарность по Амбарцумяну является *свойством данного объекта, что определяется его внутренней особенностью.* Правда, нам не удалось найти в его работах четкую формулировку в том виде, в котором мы приводим, однако нередко появляется данная мысль в неявной форме. Этот подход достаточно прозрачно виден, например, в следующем рассуждении: *"Известно, например, что в конце прошлого века была распространена гипотеза, согласно которой Новые звезды являются результатом исключительно редкого явления*

*столкновения двух звезд, а вовсе не результатом, как мы знаем теперь, закономерностей внутреннего развития звезды" [1].*

Категоризация научных терминов часто ограждает исследователей от недоразумений. Если принимается, что активность это индивидуальное свойство объекта, как, например, радиоактивность атомных ядер, вспышечная активность Солнца, сейсмическая или вулканическая активность Земли, не возникает никаких вопросов о местонахождении источника дополнительной энергии. Описывая формы активности галактических ядер, Амбарцумян в своей ломоносовской лекции отмечает: *"Каждая галактика образуется в результате активности своего ядра и выделившихся из него вторичных центров активности... При этом разным подсистемам, возникающим в галактике, иногда соответствуют в качестве основных причин разные формы активности ядра. В одних случаях это взрывы, при которых выбрасываются значительные по массе плотные сгустки, в других - это истечение потоков классического газа, в третьих - выбрасывание облаков релятивистского газа, в четвертых - это длительное и, может быть, относительно спокойное истечение спиральных рукавов" [46].*

До конца прошлого столетия, несмотря на большое количество наблюдательных фактов, трудно было понять, откуда берется дополнительная энергия распада и рассеяния в мире космических объектов. Открытие ускорения хаббловского расширения [47,48], а также веские факты, свидетельствующие об универсальности этого расширения [49,50,10], позволяют дальше развивать амбарцумяновскую парадигму активности. Дело в том, что ускоряющееся расширение совершает механическую работу, которая увеличивает внутреннюю энергию любого объекта или системы, которые подвергаются расширению. Хотя работа и энергия являются физическими величинами, которые зависят от выбора координатной системы, легко убедиться, что в однородно расширяющейся Вселенной нельзя найти такую координатную систему, в которой работа не совершается и не происходит увеличения внутренней энергии объектов.

Вопрос источника энергии очень важен. В традиционной трактовке активности он непременно связывается с аккрецией окружающей материи. Таким образом, как и все остальные виды энергии, дополнительное энерговыделение при активных явлениях также интерпретируется как далекое эхо первоначального большого взрыва. Другими словами, считается, что во Вселенной был один единственный всплеск выделения энергии, после чего эта энергия просто трансформируется, но ничего более. Согласно парадигме Амбарцумяна и ее усовершенствования с учетом ускоряющегося расширения, энергия производится и в нашу эпоху в любом ограниченном объеме пространства. Однако детальное рассмотрение данного вопроса выходит из рамок данного обзора.

Выше уже было отмечено, что в середине двадцатого столетия Амбарцумян доказал, что *в нашу эпоху в ограниченном объеме пространства могут быть найдены звезды всех возрастов* (формулировка по [10]). Следующим результатом аналогичного значения по своей фундаментальности, на наш взгляд, могло быть доказательство, что *в нашу эпоху в ограниченном объеме пространства могут быть найдены галактики всех возрастов*. К такому выводу, по всей вероятности, могут привести дальнейшие исследования активных ядер галактик в совокупности с закономерностями расширения наблюдаемой Вселенной.

Автор работы выражает свою признательность А.Г.Никогосяну и А.Т.Каллоглянну за обсуждение и ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,  
Армения, e-mail: hhayk@bao.sci.am

## AMBARTSUMIAN'S PARADIGM ON THE ACTIVITY OF GALACTIC NUCLEI AND EVOLUTION OF GALAXIES

H.A.HARUTYUNYAN

The paradigm put forward by Ambartsumian on the formation of galaxies due to decay of a denser matter is considered. It is argued that one can find the roots of this concept in the first papers of Ambartsumian devoted to the studies of quantum fields and the structure of atomic nuclei. Namely, at the very beginning of 30s of the last century the idea that by a physical object can be ejected another object initially not existed in the first one appeared for the first time in his papers. The basic observational data used for establishing finally the concept are given. Special attention is paid to the objects and phenomena further studies of which have proved the rightness of Ambartsumian's reasoning and arguments. The fact is mentioned that the discovery of Hubble's expansion acceleration has opened new possibilities for interpreting activity phenomena in the frame of Ambartsumian's concept. An issue of the further development of the given concept is considered and a hypothesis is suggested that the prove of existence of galaxies of all ages in a limited volume of space can be shown and become the main result of such an approach.

Key words: *galaxies:nuclear activity and evolution*



## ЛИТЕРАТУРА

1. *В.А. Амбарцумян*, Проблемы современной космогонии, под редакцией В.А. Амбарцумяна, 5, М., Наука, 1972.
2. *В.А. Амбарцумян*, Д.Д. Иваненко, ДАН СССР, серия А, No 3, 45, 1930.
3. *С.С. Герштейн*, *А.А. Логунов*, в кн. "Виктор Амбарцумян", составитель Э.С. Парсамян, 185, Изд. НАН Армении "Гитутюн", Ереван, 2008.
4. *В.А. Амбарцумян*, Д.Д. Иваненко, ДАН СССР, серия А, No 6, 153, 1930.
5. *В.А. Амбарцумян*, Изв. Пулковской обсерватории, 13, No 114, 1, 1933.
6. *В.А. Амбарцумян*, Астрон. ж., 14, 20, 1937.
7. *В.А. Амбарцумян*, Ученые записки ЛГУ, No 22, серия мат. наук (астрономия), 4, No 19, 1938.
8. *В.А. Амбарцумян*, Эволюция звезд и астрофизика, Ереван, 1947.
9. *А.Т. Каллогаян*, Астрофизика, 52, 171, 2009
10. *Г.А. Арутюнян*, Астрофизика, 46, 103, 2003.
11. *В.А. Амбарцумян*, Некоторые замечания о кратных галактиках. Ереван, 1955.
12. *В.А. Амбарцумян*, Известия АН АрмССР, серия ФМЕТ наук, 9, 23, 1956.
13. *F.Zwicky*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 50, 218, 1938; 64, 247, 1952.
14. *J.Neyman*, *E.L.Scott*, *C.D.Shane*, Astrophys. J., 117, 92, 1953.
15. *W.Baade*, *R.Minkowski*, Astrophys. J., 119, 206, 1954.
16. *M.L.Humason*, *N.U.Mayall*, *A.R.Sandage*, Astron. J., 61, 97, 1956.
17. *W.W.Morgan*, *J.R.Lesh*, Astrophys. J., 142, 1364, 1965.
18. *В.А. Амбарцумян*, *Р.К. Шахбазян*, ДАН АрмССР, 25, 185, 1957.
19. *В.А. Амбарцумян*, *Р.К. Шахбазян*, ДАН АрмССР, 26, 277, 1958.
20. *Н.Арп*, Atlas of Peculiar Galaxies, Astrophys. J. Suppl. Ser., 14, 1, 1966.
21. *A.Stockton*, Astrophys. J., 155, L141, 1969.
22. *В.А. Амбарцумян*, ДАН АрмССР, 28, 73, 1958.
23. *В.А. Амбарцумян*, Astron. J., 66, 526, 1961
24. *J.P.Madrid*, Astron. J., 137, 3864, 2009.
25. *В.А. Амбарцумян*, Известия АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 11, No 5, 9, 1958.
26. *F.Zwicky*, Ergebnisse d. exakt. Naturwissenschaften, Bd., 29, 344, 1956.
27. *В.А. Амбарцумян*, Observatory, 58, 152, 1935.
28. *С.В. Хоerner*, Zf. fur Astrophysik, 35, 255, 1954.
29. *В.А. Амбарцумян*, Известия АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 4, No 3, 163, 1961.
30. *В.А. Амбарцумян*, Transactions of the International Astronomical Union, vol. XIВ, Academic Press, London-New York, 145, 1962.
31. *В.А. Амбарцумян*, Transactions of the International Astronomical Union, vol. XIIВ, Academic Press, London-New York, 578, 1966.
32. *В.А. Амбарцумян*, The Structure and Evolution of Galaxies, Interscience Publishers, London-New York-Sydney, 1, 1965.
33. *В.А. Амбарцумян*, Нестационарные явления в галактиках, Ереван, Издательство АН АрмССР, 11, 1968.

34. *V.A.Ambartsumian*, *Semaine d'Etude sur les Noyaux des Galaxies*, Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varta, No 3, 5, 9, 1971.
35. *C.R.Lynds, A.R.Sandage*, *Astrophys. J.*, 137, 1005, 1963.
36. *S. van den Bergh*, *Astron. Astrophys.*, 12, 474, 1971.
37. *M.Dahlem, K.A.Weaver, T.M.Heckman*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 118, 401, 1998.
38. *E.M.Burbidge, G.Burbidge, H.C.Arp, S.Zibetti*, *Astrophys. J.*, 591, 690, 2003.
39. *Б.Е.Маркарян*, *Астрофизика*, 3, 1, 1967.
40. *Б.Е.Маркарян*, *Астрофизика*, 8, 1, 1972.
41. *A.Konopelko, Wei Cui, Ch.Duke, J.P.Finley*, *Astrophys. J. Lett.*, 679, L13, 2008.
42. *F.V.Samuelson, S.D.Biller, I.H.Bond, P.J.Boyle, S.M.Bradbury*, *Astrophys. J. Lett.*, 501, L17, 1998.
43. *J.M.Mazzarella, R.A.Gaume, H.D.Aller*, *Lecture Notes in Astrophysics*, Springer Berlin/Heidelberg, 344, 1988.
44. *R.A.Antonucci*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 31, 473, 1993.
45. *G.A.Shields*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 111, 661, 1999.
46. *В.А.Амбарцумян*, *Вестник Академии наук СССР*, No 5, 1973.
47. *A.G.Riess, A.V.Filippenko, P.Challis et al.*, *Astron. J.*, 116, 1009, 1998.
48. *S.Perlmutter, G.Aldering, G.Goldhaber et al.*, *Astrophys. J.*, 517, 565, 1999.
49. *Н.А.Нарутунян*, *Астрофизика*, 38, 667, 1995.
50. *Г.А.Арутюнян*, *Астрофизика*, 51, 173, 2008.