

## АСТРОФИЗИКА

УДК 524.4

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-28

А. А. Акопян

### Звездные ассоциации: история открытия и перспективы

(Представлено чл.-кор. НАН РА Э. С. Парсамян 9/II 2022)

**Ключевые слова:** звездные ассоциации, эволюция звезд, история астрономии.

**1. Введение.** В этом году исполняется 75 лет одному из великих открытий в области естествознания XX в. – открытию звездных ассоциаций, которое указало пути развития эволюционной астрофизики на многие годы вперед до необозримого будущего.

27 октября 1947 г. на общем собрании АН СССР В. А. Амбарцумян представил доклад «Современная астрофизика и космогония», переработанный вариант которого был в том же году опубликован в Издательстве АН Армянской ССР под названием «Эволюция звезд и астрофизика» [1], где он сообщил об открытии совершенно новых по своим физическим и пространственно-кинематическим характеристикам звездных систем – звездных ассоциаций типов ОВ и Т. Основное звездное население этих ассоциаций составляют объекты, расположенные на диаметрально противоположных концах диаграммы Герцшпрунга – Рассела (Н–Р), – звезды гиганты спектральных классов ОВ и красные карликовые звезды типа Т Тави, соответственно. Амбарцумян сделал ряд ключевых выводов, два из которых очень важны не только для астрофизики, но и для всего естествознания:

І. Звездообразование в Галактике продолжается и сейчас, в нашу эпоху.

ІІ. Звезды рождаются группами.

Это противоречило существовавшим представлениям о происхождении и эволюции звезд в Галактике. Работа положила начало астрофизическим исследованиям эволюции звезд и звездных систем непосредственно путем наблюдения за их развитием. В последующем основные идеи этой работы Амбарцумяном были развиты (1949–1959) [2–9] и представлены более широкому кругу ученых, многие из которых считают, что именно

эти труды являются наиболее значительным вкладом Амбарцумяна и Бюраканской астрофизической обсерватории в мировую науку.

В 1950 г. В. А. Амбарцумян и Б. Е. Маркарян за открытие и изучение звездных систем нового типа («звездных ассоциаций»), результаты которых были опубликованы в серии статей в журналах «Доклады Академии наук Армянской ССР», «Сообщения Бюраканской обсерватории» и «Астрономический журнал», были удостоены государственной премии СССР. Примечательно и поучительно, что первая публикация об открытии ассоциаций была осуществлена именно в родном Издательстве наук Арм. ССР, хотя Амбарцумян, несомненно, располагал возможностью опубликовать работу в более доступных научному сообществу и широко известных журналах и издаельствах мира.

Данная работа посвящается 75-летнему юбилею великого открытия. Сделана попытка осмыслиения исторической роли работ Амбарцумяна в теории эволюции звезд на фоне существовавших тогда взглядов на звездную эволюцию. Особое внимание уделено научному подходу Амбарцумяна при решении этих задач. Во второй части статьи кратко представлены новые возможные задачи и пути исследований звездных ассоциаций, которые приоткрылись благодаря новейшим данным.

**2. История открытия, некоторые фрагменты. Особенности научного подхода Амбарцумяна.** Сегодня можно только догадываться, почему Амбарцумян, переименовывая доклад, представленный на общем собрании АН СССР, из всевозможных интригующих заглавий выбрал именно это – «Эволюция звезд и астрофизика». Ключевым стало введение фразы «эволюция звезд». Возможно, автор хотел подчеркнуть, что основные результаты этой работы фундаментальным образом изменят существовавшие взгляды на теорию эволюции звезд.

В астрономии, как и во всех областях науки, проблемы эволюции являются одними из наиболее привлекательных. Эволюция звезд стала предметом фундаментальных исследований после появления диаграмм спектральный класс – светимость. В 1911 г. Герцшпунг опубликовал диаграмму абсолютной светимости звезд в звездных скоплениях Плеяды и Гиады в зависимости от их спектрального класса или эффективной температуры, а в 1914 г. Рассел опубликовал аналогичную диаграмму для звезд поля. Эти диаграммы теперь известны как диаграммы Герцшпунга – Рассела (H–R). Диаграмма H–R вместе с теориями внутреннего строения звезд и лучистого равновесия в звездах (Риттер, Эмден, Шварцшильд К., Эддингтон и др.) стала важным инструментом для понимания физики звезд.

Несколько причудливый вид диаграммы показывал существование четко обособленных групп звезд с возможными связями между ними. Стало очевидным, что любая разумная теория эволюции должна согласовываться с диаграммой H–R. Иногда совместный анализ накопленных данных и диаграммы H–R приводил к интересным умозаключениям, таким как гениальная догадка Рассела о возможных скачкообразных изменениях

звезд в процессе эволюции. Согласно Расселу (1914) [10] «...возможно, что в какой-то конкретный период истории звезды может происходить быстрое выделение энергии, например, радиоактивного характера, которое временно превосходит потери на излучение и приводит к расширению против силы тяжести...».

Однако в начале XX в. было мало предпосылок для развития теории эволюции из-за отсутствия достаточного количества качественных наблюдательных данных о физических параметрах звезд и звездных систем. Основные объективные проблемы были связаны с отсутствием точных оценок возраста звезд/звездных систем и незнанием источника энергии излучения звезд. Наряду с объективными были и проблемы субъективного характера, связанные со «спекулятивным» подходом некоторых влиятельных ученых к вопросам космогонии и эволюции.

Об этом, представляя свое понимание проблемы, Амбарцумян писал: **«...должна совершенно измениться и изменилась постановка космогонической проблемы. Речь должна идти не о выводе современного состояния какой-нибудь индивидуальной системы из гипотетического первоначального состояния. Речь уже должна идти о выводе общих закономерностей развития небесных тел и их систем** (выделено нами. – *A. A.*)... Это не значит, что задача космогонии сейчас представляется более легкой, чем раньше. Наоборот, богатство наблюдательных данных о звездах привело к постановке в космогонии целого ряда новых и притом весьма глубоких вопросов, о которых раньше мы не имели и представления. Но вместе с тем явились возможность приступить к решению проблемы, начав с рассмотрения более простой задачи о том, какие из наблюдавших состояний звезд и каким образом генетически связаны между собою... **Однако и до сих пор некоторые авторы продолжают идти по ставшему уже негодным пути спекулятивных построений, типа старых космогонических гипотез, оставляя в стороне весь арсенал современных знаний о физических состояниях звезд, пренебрегая выводами статистической механики звездных систем и вообще теоретической физики и тем самым громоздя ошибки на ошибках** (выделено нами. – *A. A.*)». Свой подход Амбарцумян назвал «наблюдательным».

В случае открытия звездных ассоциаций ключевую роль сыграло понимание связи пространственно-кинематических и динамических характеристик звезд и звездных систем с их временными характеристиками (в частности с возрастом), важность которого в задачах эволюции подчеркивал еще Рассел.

Согласно Расселу (1919) [11] изучение галактических систем «...приводит к единственной конечной проблеме, которую можно определить как представление о нынешних положениях и движениях звезд как о стадии истории динамической системы (будь то в стационарном состоянии или

нет) и дедукции предполагаемой истории системы в прошлом и будущем. Среди связанных с этим вспомогательных проблем: (а) существование, характер, распределение и гравитационное влияние возможной темной или поглощающей материи в космосе; **(б) связь между возрастом или эволюционной стадией звезды и ее положением и движением в галактических системах.** Последнее связывает проблемы звездной и галактической эволюции таким образом, что любое заметное продвижение в решении одной, вероятно, поможет в оценке другой, в то время как необоснованное предположение относительно одной из них, вероятно, запутает обсуждение обеих (выделено нами. – A. A.)».

Действительно, к середине сороковых годов в теории звездной эволюции уже сложилась достаточно запутанная ситуация. Во многом именно идеи и научный подход Амбарцумяна прояснили существовавшую картину и постепенно стали одним из ведущих общепринятых направлений теории звездной эволюции.

К моменту открытия ассоциаций у Амбарцумяна накопился большой и очень успешный опыт выявления вышеупомянутых связей. Это в первую очередь касается его работ по установлению «короткой шкалы» возраста Галактики. В тридцатые годы прошлого столетия для существовавших теорий звездной эволюции фундаментальным вопросом был выбор между долгой ( $10^{13}$  лет) и короткой ( $10^9$  лет) шкалой времени эволюции. Рассматривая звездные системы разных масштабов (двойные звезды, скопления звезд), а также фазовые пространства звездных подсистем (плоская, промежуточная, сферическая) Галактики, Амбарцумян привел неопровергимые доводы в пользу «короткой шкалы» возраста Галактики.

В частности, в известной полемике с Джинсом Амбарцумян показал, что распределение полуосей орбит двойных звезд в Галактике не соответствует их наиболее вероятному распределению при диссоциативном равновесии образования и распада двойных звезд. Следовательно, в Галактике еще не наступило диссоциативное равновесие, и, соответственно, возраст Галактики меньше времени релаксации, необходимого для этого ( $10^{10}$  лет). Неслучайно Добавление I в статье «Эволюция звезд и астрофизика» посвящено этому вопросу.

В работах, посвященных звездной динамике открытых звездных скоплений, Амбарцумян описал наиболее эффективный механизм их разрушения и оценил время полураспада. Вычисления показали, что это время тоже не превосходит  $10^{10}$  лет. Рассмотрение совокупности открытых скоплений показало, что процессы распада открытых скоплений не продвинулись далеко и, следовательно, возраст Галактики меньше  $10^{10}$  лет.

Исследование фазовых пространств подсистем (плоская, промежуточная, сферическая) структуры Галактики привело Амбарцумяна к той же оценке возраста.

Исходя из вышесказанного неудивительно, что именно выявление связи пространственно-кинематических и динамических характеристик ассоциаций и их звезд стало ключевым в исследованиях Ам-

барцумяна по звездным ассоциациям. Именно благодаря этому открытию ассоциаций не стало просто открытием звездных систем нового типа, что само по себе было бы большим событием, а привело к фундаментальному для всего естествознания выводу о том, что образование звезд и формирование звездных систем продолжается в нашу эпоху.

Это противоречило господствовавшим к тому времени умозрительным теориям образования и эволюции звезд Рассела и Джинса. В обеих теориях с некоторым различием принималось, что процесс звездообразования в нашей Галактике уже завершился.

***Теории образования и эволюции звезд Рассела и Джинса.***

Согласно Расселу (1914) [10] эволюция звезд идет по направлению «красные гиганты → голубые гиганты → красные карлики». Эта идея согласовывалась с идеей Локьера (1899, 1902) [12, 13] о том, что звезды достигают максимальной светимости к середине своей жизни, а также с общепринятым представлением о том, что звезда сжимается в результате эволюции. Идеи Локьера носили явный отпечаток идей биологической эволюции, чего не скрывал и сам Локьер. Из теории Рассела следовало, что наблюдаемые различия между звездами связаны с тем, что они находятся на разных стадиях (в разном возрасте) своего развития.

Наоборот, в схеме эволюции Джинса предполагалось, что подавляющее большинство звезд имеют почти одинаковый возраст. Согласно Джинсу (1929) [14] существуют свидетельства массового рождения звезд примерно в эпоху Солнца, и это естественным образом приводит к предположению, что наша Галактика родилась из туманности, в которой основной период звездообразования сосредоточен вокруг той эпохи. Следовательно, наблюдаемые различия между звездами связаны с разными начальными условиями звездообразования.

В обеих теориях присутствуют весьма расплывчатые представления об абсолютном возрасте звезд, продолжительности стадий и темпов эволюции звезд, а также о предсказуемом и явно печальном будущем, описанном Джинсом в «театральной» (в прямом и переносном смысле) манере – «...возможно, главная драма Вселенной закончилась, и наша судьба – просто смотреть, как на пустой сцене гаснут нежеланные концы зажженных свечей».

Расплывчатость и неопределенность представлений в значительной степени исходили от незнания природы источника энергии звезд. Поэтому, когда Бете (1939) [15] показал, что термоядерные реакции, в частности горение водорода, являются источником звездной энергии, казалось, что это открытие окончательно может решить и основные проблемы звездной эволюции. Например, согласно Гамову (1939, 1940) [16] «...благодаря нашим нынешним знаниям по ядерной физике проблему звездных источников энергии и основных особенностей звездной эволюции можно считать практически решенной». Однако, несмотря на свою огромную для астрофизики значимость, работа Бете, как ни странно, на тот момент времени не сильно способствовала правильному развитию теории эволюции.

Причиной тому во многом были: а) необоснованное допущение о том, что предложенный Бете тип ядерных реакций является единственным возможным и окончательным, и б) игнорирование пространственно-кинематических/динамических характеристик звезд и статистической механики звездных систем.

В частности, это отмечали Хайл и Литтлтон (1939) [17] в своей критике теории красных гигантов Гамова: «...в последние годы для исследователей звездной эволюции было принято уделять внимание внутреннему строению, мало или совсем не принимая во внимание динамические особенности. Оказывается, проф. Гамов в основном следовал этой традиции и поэтому ограничил свою статью модификациями, произведенными введением современной ядерной теории (выделено нами. – A. A.)». При этом сам Хайл оставался приверженцем основной идеи теорий Рассела и Джинса об образовании звезд в далеком прошлом.

Сегодня уже ясно, что к правильному пути приводило не противопоставление этих двух направлений, а их умелое и научно обоснованное сочетание. Это удалось сделать именно Амбарцумяну. Поучительным примером такого сочетания в работах Амбарцумяна по звездным ассоциациям было блестящее решение двух проблем, связанных с О-звездами.

**Проблемы О-звезд.** Одной из проблем была высокая светимость О-звезд, что указывало на короткую продолжительность стадии О-звезды и ставило под вопрос предположение о том, что они образовались в далеком прошлом. Во избежание этой трудности предполагались разные механизмы «подпитки» О-звезд веществом, компенсирующие потерю массы О-звезд в процессе излучения. Например, Хайлом и Литтлтоном был предложен механизм акреции межзвездного вещества на О-звезды, который был справедливо раскритикован Гамовым, впоследствии Амбарцумяном и др. Другой проблемой было существование групп О-звезд (или гелиевых звезд, как их тогда называли), исследованных Каптейном (1914, 1918) [18], случайное образование которых было крайне маловероятно из-за сравнительной малочисленности О-звезд.

Из динамических характеристик некоторых группировок О-звезд, названных Амбарцумяном ассоциациями, следует, что они гравитационно не связаны и, следовательно, должны находиться в состоянии расширения и распада. Важно отметить, что расширение скоплений из-за приливного эффекта приводит к изменению первичной, предположительно сферической формы скопления. Из-за дифференциального вращения скопления удлиняются и теряют сферическую форму, чего не наблюдалось в случае ОВ-ассоциаций. Именно этот факт позволил Амбарцумяну предположить, что помимо приливного механизма существует внутренний механизм радиально-симметричного расширения ассоциации, который доминирует над приливным и позволяет ассоциациям сохранять сферическую форму. Для такого доминирования скорость расширения должна быть порядка 5–10 км/с. Последовательный и всесторонний анализ наблюдаемой картины позволил Амбарцумяну исходя из пространственно-кинематических харак-

теристик ассоциаций и входящих в их состав О-звезд оценить их предельный возраст порядка  $10^7$  лет.

Для О- и В-звезд «возраст» того же порядка ранее оценивался по светимости и источникам энергии, например, Унзольдом (1948) [19]. Однако необходимо учесть, что определяемый таким образом «возраст» звезды фактически является оценкой длительности стадии эволюции, на которой находится звезда, и далеко не факт, что длительность стадии совпадает с возрастом звезды. Иначе можно было повторить ошибку Гамова, который в своей теории исходя из высокой светимости красных гигантов заключил, что они – недавно сформировавшиеся молодые звезды. При подобных заключениях никак не учитывались связи между возрастом/эволюционной стадией звезды и ее положением и движением в галактических системах. С этой точки зрения крайне важным было найти альтернативные и независимые оценки возрастов звезд, которые могли подтвердить или опровергнуть полученные оценки, что и было сделано Амбарцумяном в работах по звездным ассоциациям.

Теоретическое предсказание (в 1947–49 гг.) Амбарцумяна о динамической неустойчивости звездных ассоциаций и их расширении подтвердилось в результате анализа пространственных движений (как тангенциальных, так и радиальных) звезд [20–25]. Современные астрометрические исследования с помощью космических обсерваторий HIPPARCOS и GAIA подтвердили предсказание о динамической неустойчивости ассоциаций [26, 27].

Существование группировок О-звезд также нашло естественное объяснение в рамках более общего и фундаментального вывода Амбарцумяна о том, что звезды рождаются группами. Среди них особое внимание было уделено группам со сравнительно малым количеством звезд, с явными признаками положительности полной энергии (звездные цепочки, системы типа Трапеция). Этим системам посвящена, в частности, работа «Кратные системы типа Трапеция» [5], являющаяся образцом решения статистических задач. Некоторые результаты в этой области, заслуживающие дальнейшего рассмотрения, приводятся в неизданной рукописи Амбарцумяна.

**Неустойчивость ассоциаций: ранние гипотезы.** Большая положительная энергия таких групп и ассоциаций в целом, их расширение, изначально малый объем области образования и другие наблюдательные факты привели Амбарцумяна к нетрадиционной точке зрения на происхождение звезд. Он предположил, что звезды образовались из сверхплотных тел – неизвестного доселе состояния вещества, что противоречило общепринятым мнению о происхождении звезд за счет постепенного сжатия газопылевого облака.

Сегодня можно сказать, что из основных выводов Амбарцумяна только это предположение не нашло поддержку среди большинства других великих астрофизиков того времени. Нетрадиционные космогонические взгляды Амбарцумяна побудили его оппонентов разработать свои теории происхождения ассоциаций и их расширения. Среди прочих вопросов эти

теории должны были ответить на вопрос, почему и как распадаются ассоциации. С этой точки зрения эти теории можно условно разбить на две группы.

В первой группе теории [28–31], по которым начало массового звездообразования и расширение ассоциации происходят одновременно в результате действия общего механизма. Таким механизмом может служить, например, взрыв сверхновой звезды (Эпик, 1953) [28] в облакеprotoассоциации, в результате которого происходят радиально-симметричное расширение и уплотнение вещества, окружающего сверхновую звезду, и одновременно генерируется образование звезд ассоциаций. В работах Оорта и Спитцера [29–31] аналогичная роль отводится звездам типа О очень высокой светимости. Во вторую группу входят теории Цвикки (1953) [32], МакКри (1955) [33], по которым расширение происходит после формирования звезд, вследствие разрушающего воздействия звезд на остатки облакаprotoассоциации и их вытеснения из тела ассоциаций.

Особняком стоял разработанный Хойлом сценарий «периодического омоложения» старых массивных звезд при их случайном прохождении через межзвездные облака. Согласно Хойлу совокупность «омоложенных» массивных звезд при выходе из этих облаков выглядит как ОВ-ассоциация. Так он пытался «примирить» свою теорию акреции к установленным реалиям. Эта остроумная гипотеза не нашла дальнейшего развития и применения.

В современные теории образования ассоциаций и их последующего расширения включены некоторые элементы из этих механизмов, но основная идея более близка взглядам Цвикки, при этом нельзя утверждать, что проблема окончательно решена (см. например [27]). Современные гипотезы кратко представлены в хорошем обзоре Райта по звездным ассоциациям [27].

**3. Новые перспективы.** Открытие ассоциаций и группового характера звездообразования позволило непосредственно изучить природу и космогоническую роль двойных и кратных звезд, звездных цепочек, систем типа Трапеция, газовых и кометных туманностей, нестабильных звезд, вспыхивающих звезд, эмиссионных звезд, глобул, FUors и EXors, YSO, объектов Хербига – Аро, звезд AeBe Хербига и т.п. Начало этим работам было положено в трудах Амбарцумяна, Хербига, Аро и др. Качественный и количественный рост наблюдательных возможностей позволил со временем получить уникальные результаты.

То же самое нельзя сказать об исследованиях ассоциаций как звездных систем и их субструктур. В этом вопросе развитие шло более умеренно. Объективной причиной тому были сравнительно медленное расширение и обогащение наблюдательной базы для таких исследований. Для качественного прорыва в этой области требовались высокоточные астрометрические данные (координаты, параллаксы, собственные движения).

Определенный прогресс был достигнут в конце XX в. благодаря космической астрометрической обсерватории HIPPARCOS, точность определения астрометрических параметров которой была  $0.001''/\text{год}$ .

Группа голландских астрономов во главе с Блаау, используя данные HIPPARCOS, значительно пересмотрела и улучшила описание молодых звездных групп в окрестностях Солнца на расстояниях до 650 пк [26]. Эта и другие работы (см. например [26, 27] и ссылки в них), основанные на данных HIPPARCOS, привели к новым интересным результатам включая первые исследования пространственной структуры ОВ-ассоциаций, отождествление убегающих ОВ-звезд, выброшенных из ассоциаций, открытие новых ОВ-ассоциаций, изучение структуры Галактики на основе кинематики ОВ-ассоциации и др.

Однако данные HIPPARCOS были недостаточно точны, чтобы определить внутреннюю структуру даже ближайших ассоциаций, получить точные оценки кинематических возрастов и т.п. Другим важным ограничением HIPPARCOS была недостаточная для изучения ассоциаций ОВ глубина его обзора по звездной величине. Даже для близких ассоциаций приходилось ограничиваться только наиболее яркими членами ассоциации.

В настоящее время ситуация резко меняется в лучшую сторону благодаря данным космического астрометрического телескопа GAIA, преемника HIPPARCOS, запущенного в конце 2013 г. По сравнению с HIPPARCOS точность основных астрометрических параметров и объем данных GAIA превосходят до  $10^3$  раз и более. Это позволяет поставить и решать качественно новые задачи. Стоит отметить, что поскольку данные GAIA с каждым выпуском обновляются, то полученные на настоящий момент результаты в определенной степени предварительные. Третий ранний выпуск (релиз) GAIA DR3 был в конце 2020 г., а окончательный намечается в первой половине 2022 г. С ним связаны большие надежды во многих областях астрономии и астрофизики.

Ниже приводится далеко неполный перечень некоторых задач, связанных с ассоциациями, в которых можно достичь качественно новых результатов с помощью данных GAIA:

- Существенное увеличение количества ассоциаций и их звезд. Последний каталог включает в себя 78 ОВ ассоциаций, из них 10 хорошо изученных и еще 36 уверенно определенных [27]. Для сравнения, в первый список ОВ-ассоциаций, составленный Маркаряном в Бюраканской обсерватории, включены 25 ассоциаций, при этом реальность 6 из них согласно Маркаряну нуждалась в дополнительной проверке [34]. Отметим, что в 1961 г. в Беркли на собрании МАС Комиссия 37 (Звездные скопления и ассоциации) рекомендовала использовать номенклатуру Маркаряна.

Часть 78 ОВ ассоциаций обнаружена с помощью данных GAIA DR1 и GAIA DR2. Очевидно, что эта часть будет еще расти.

- Определение состава населения по физическим типам объектов,

изучение роли «нетитульных» объектов в процессах формирования и расширения ассоциации. При этом очень важным для понимания механизма расширения представляется вопрос: участвуют ли «нетитульные» звезды, наряду с «титульными» ОВ- и Т Тав-звездами, в расширении ассоциации? Если да, то каким образом?

- Существенное расширение пространственно-временных рамок исследований ассоциаций.

Под этим для отдельно взятой ассоциации имеется в виду:

а) возможность обнаружения и изучения внешних частей ассоциаций, которые из-за расширения ассоциаций растворились в звездном поле и обнаружение которых в недалеком прошлом было практически неосуществимым. Внешние части, наверняка, носят в себе не только информацию о своем будущем, но и о самой начальной фазе формирования и расширения ассоциации;

б) возможность путем обращения вспять высокоточных собственных движений определения начального момента расширения и области, из которой оно началось.

Для совокупности ассоциаций имеется в виду:

а) возможность обнаружения ассоциаций на самых ранних и поздних стадиях развития и распада, что позволит проследить пути эволюции ассоциаций как звездных систем;

б) возможность обнаружения и исследования новых ассоциаций на далеких расстояниях от Солнца, определения их роли в формировании разных подструктур Галактики, в частности, волны Редклиффа, обнаруженной совсем недавно с помощью телескопа GAIA. Это самое большое газовое скопление из известных в нашей Галактике и содержит 4/5 от всех облаков пояса Гулда: облако Ориона, молекулярное облако Персея, молекулярное облако Тельца, Цефей ОВ2, а также Большой Пёс ОВ1, туманность Северная Америка и Лебедь X. Масса структуры составляет порядка  $3 \cdot 10 M_{\odot}$ , в длину волна достигает 2.7 кпк при амплитуде 160 пк [35].

- Определение принадлежности звезд к данной ассоциации, определение подструктур ассоциаций. Важность этой задачи трудно переоценить. Наличие нескольких центров звездообразования в теле ассоциации сильно запутывает наблюдаемую картину. Неудивительно, что разные группы авторов получают диаметрально противоположные результаты о распаде одной и той же ассоциации. Построение 3D изображений ассоциаций с помощью данных GAIA позволит выявить детали структуры, невидимые на 2D изображениях.
- Рассмотрение ассоциаций в качестве переходной фазы между очагами звездообразования и звездами поля, изучение структурных особенностей и механизмов обогащения звездного поля звездами ассоциаций. В этой связи выделим две проблемы:

а) сферически радиальное расширение ассоциаций со временем неизбежно меняет их форму, как только влияние приливных сил начинает преобладать над внутренним механизмом расширения. Вследствие этого

можно ожидать обогащения звездного поля ассоциациями в виде эллиптических звездных структур и звездных потоков [36]. Для отождествления и изучения этих структур данные GAIA представляются незаменимыми;

б) данные GAIA дают несравненно больше возможностей и для решения проблемы убегающих и гипербыстрых звезд, часть которых, несомненно, выброшена из ассоциаций с аномально высокими скоростями.

- Исследование двойных и кратных звезд, систем типа Трапеции, поиск возможных кандидатов в экзопланеты.
- Непосредственное изучение кинематики и динамики звезд Т-ассоциаций было значительно ограничено из-за малых собственных движений и малой точности их определения. Высокоточные данные GAIA позволяют надеяться на серьезный прогресс и в этом направлении.

**Заключительные заметки.** Надо, однако, отметить, что сами по себе данные GAIA не гарантируют получения строгих, научно обоснованных результатов. Сложная и неоднозначная наблюдаемая картина, огромный массив данных, наверняка, потребуют применения современных методов машинного программирования, возможно, с привлечением искусственного интеллекта. Однако первичным и более важным были и остаются правильная постановка задачи и научный подход к решению проблемы. Открытие ассоциаций 75 лет назад является поучительным примером того, как из анализа скудных данных, не идущих ни в какое сравнение с сегодняшними базами данных, были сделаны основополагающие для звездной эволюции и космогонии выводы. Амбарцумян и Бюраканская обсерватория играли ведущую роль в исследованиях ассоциаций и их населения, особенно в начале этих исследований. Теперь, когда благодаря новым данным открылись несравненно большие возможности исследований ассоциаций, крайне желательно дать новый импульс работам по звездным ассоциациям.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В. Амбарцумяна НАН РА  
e-mail: aakopian57@gmail.com

**А. А. Акопян**

### **Звездные ассоциации: история открытия и перспективы**

Работа посвящена 75-летнему юбилею открытия звездных ассоциаций. Представлена определяющая роль работ В. А. Амбарцумяна в теории эволюции звезд на фоне существовавших тогда теорий звездной эволюции. Особое внимание уделено подходу Амбарцумяна при решении этих задач. Кратко представлены новые задачи звездных ассоциаций, решение которых стало возможным благодаря новым астрометрическим данным.

## Ա. Ա. Հակոբյան

### Աստղասփյուռներ. հայտնագործության պատմությունը և հեռանկարները

Աշխատանքը նվիրված է աստղասփյուռների հայտնաբերման 75-ամյակին: Համբարձումյանի աշխատանքների որոշիչ դերը աստղերի էվոլյուցիայի տեսության մեջ ներկայացված է աստղերի էվոլյուցիայի՝ այն ժամանակ գոյություն ունեցող տեսությունների ֆոնին: Այս խնդիրների լուծման ժամանակ առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվել Համբարձումյանի որդեգրած մոտեցմանը: Համառոտ ներկայացված են աստղասփյուռների հետ կապված որոշ նոր խնդիրներ, որոնց լուծումը հնարավոր է դաշնում աստղաշափական նոր տվյալների շնորհիվ:

### A. A. Akopian

### Stellar Associations: History of Discovery and Prospects

The work is devoted to the 75th anniversary of the discovery of stellar associations. The decisive role of Ambartsumian's work in the theory of stellar evolution is presented against the background of the then-existing theories of stellar evolution. Particular attention is paid to Ambartsumyan's approach to solving these problems. Briefly presents new problems of stellar associations, the solution of which became possible thanks to new astrometric data.

### Литература

1. *Ambartsumian V. A. The evolution of stars and astrophysics. Acad. Sci. ArmSSR, Yerevan. 1947.* 36 p.
2. *Ambartsumian V. A. – Astronomicheskii Zhurnal. 1949. V. 26. P. 3-9.*
3. *Ambartsumian V. A. – Doklady Akad. Nauk USSR. 1949. V. 68, 21-22.*
4. *Ambartsumian V. A. – Izv. Akad. Nauk USSR. 1950. Phys. Ser. V. 14. P. 15-24.*
5. *Ambartsumian V. A. – Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory. 1954. V. 15. P. 3-40.*
6. *Ambartsumian V. A., Liege Intern. Astrophysical Colloquia. 1954. V. 5. 293 p.*
7. *Ambartsumian V. A., Trans. Intern. Astron. Union. 1954. V. 8. 681 p.*
8. *Ambartsumian V. A. – Observatory. 1955. V. 75. P. 72-78.*
9. *Ambartsumian V. A. – Endeavour. 1959. V. 18. P. 45-51.*
10. *Russell H. N. – Nature. 1914. V. 14. P. 227-286.*
11. *Russell H. N. Proceedings of the National Academy of Science. 1919. V.5. 391p.*
12. *Lockyer N. – Proc. Roy. Soc. 1899. V. 65. P. 186-191.*
13. *Lockyer N. – Phil. Trans. 1893. V. 184. P. 675-726.*
14. *Jeans, J. H. Astronomy and Cosmogony. 1929. 428 p.*
15. *Bethe H. A. – Phys. Rev. 1939. V. 55. 434-456.*
16. *Gamow G. – Nature. 1939. V. 144. P. 620-622; 1940. V. 146. P. 97.*
17. *Hoyle F., Lyttleton K. A. – Nature. 1939. V. 144. P. 1019-1020.*
18. *Kapteyn J. C. – Astrophys. J. 1914. V. 40. P. 43-127; 1918. V. 47. P. 104-133, 146-178, 255-282.*
19. *Unsold A. – Z. Astrophys. 1948. V. 24. P. 278-305.*
20. *Blaauw A. – Bull. of the Astronomical Institutes of the Netherlands. 1952. V. 11. P. 405-413.*

21. *Blaauw A.* – Annual Review of Astronomy and Astrophysics. 1964. V. 2. P. 213-246.
22. *Blaauw A.* Problems of Physics and Evolution of the Universe., ed. L. V. Mirzoyan, Yerevan, Publ. House of the Armenian Academy of Sciences. 1978. 101 p.
23. *Mirzoyan L. V.* – Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory. 1961. V. 29. P. 81-105.
24. *Mirzoyan L. V.* – Transactions of the International Astronomical Union, Series B. 1966. V. 12B. 419 p.
25. *Mirzoyan L. V., Mnatsakanyan M. A.* – Astrophysics. 1970. V. 6. P. 221-231.
26. *de Zeeuw P. T., Hoogerwerf, R., de Bruijne, J. H. J. et al.* – The Astronomical Journal. 1999. V. 117. P. 354-399.
27. *Wright N. J.* – New Astronomy Reviews. 2020. V. 90. 101549.
28. *Öpik E. J.* – Irish Astronomical Journal. 1953. V. 2. P. 219-233.
29. *Oort J. H.* – Astrophys. J. 1952. V. 116, P. 223-250.
30. *Oort J. H.* – Bull. of the Astronomical Institutes of the Netherlands. 1954. V. 12. P. 177-185.
31. *Oort J. H., Spitzer L.* – The Astrophysical Journal. 1955. V. 121. P. 6-23.
32. *Zwicky F.* – Publications of the Astronomical Society of the Pacific. 1953. V. 65. P. 205-206.
33. *McCrea W. H.* – Observatory. 1955. V. 75. P. 206.
34. *Markarian B. E.* – Proc. Acad. Sci. Armenian SSR. 1952. V. 15. P. 11-15.
35. *Alves J., Zucker C., Goodman A. A. et al.* – Nature. 2020. V. 578. P. 237-239.
36. *Тумуков А. В., Сизова М. Д., Верещагин С. В.* – Астрономический журнал. 2020. Т. 97. С. 820-832.