

Г. А. Гурздян

К ВОПРОСУ О МОЛОДОСТИ ЯДЕР ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ

Одним из основных выводов, который был сделан при рассмотрении проблемы динамики и происхождения планетарных туманностей, является вывод о молодости их ядер, возбуждающих свечение туманностей [1, 2]. Планетарные туманности являются продуктом или остатком звездобразовательного процесса, при котором часть первичной массы остается вне пределов рождающейся звезды. Поскольку возраст планетарных туманностей измеряется несколькими десятками тысяч лет, то следует заключить, что такой же возраст должны иметь и их ядра. Это значит, что ядра планетарных туманностей являются самыми молодыми звездами среди известных нам молодых звезд Галактики.

В настоящей статье, основываясь главным образом на фактическом материале, приводятся некоторые доводы, говорящие о молодости ядер планетарных туманностей.

1. Известно, что ядра некоторых планетарных туманностей являются звездами типа Вольф-Райе (WR). В настоящее время наличие ядер типа WR можно считать установленным по крайней мере для 15 планетарных туманностей.

Часто отмечалось то большое разнообразие, которое наблюдается в спектрах звезд WR. Среди изученных обычных звезд WR трудно найти две звезды, имеющие совершенно одинаковые спектры. Тем не менее, отвлекаясь от второстепенных особенностей их спектров, можно установить существование двух серий или классов звезд WR, что и сделано Билсом и др. В спектрах первой из этих серий — углеродной (WC) — доминируют линии углерода, в спектрах

другой — азотной (WN) — линии азота. Почти все известные обычные звезды типа WR, за редкими исключениями, делятся на эти две серии.

Известно также, что большая часть — около 75% — звезд типа WR является членами О-ассоциаций. Наконец, общепринятым является допущение, что WR звезды, как типичные нестационарные звезды, представляют собой раннюю стадию формирования и развития звезды.

Предположим теперь, что нам удалось найти две звезды типа WR, достаточно сходные по своим спектрам, но одна из которых является членом какой-нибудь О-ассоциации, а вторая является ядром какой-нибудь планетарной туманности. Тогда, если первой из этих WR звезд приписываем, в силу ее принадлежности к ассоциации, небольшой возраст, то в принципе было бы нелогично приписывать другой возраст второй WR звезде, находящейся в таком же физическом состоянии, что и первая; скорее всего обе эти звезды должны иметь одинаковый по порядку величины возраст.

Следует отметить, что хотя в настоящее время нам еще не известны точные значения светимости и дисперсии светимости ядер планетарных туманностей, тем не менее есть основание полагать, что светимости ядер с WR спектром, по-видимому, меньше светимости WR звезд, присутствующих в О-ассоциациях. В этом смысле WR звезды обеих групп, возможно, отличаются друг от друга, но с точки зрения обсуждаемого здесь вопроса это обстоятельство не имеет значения; в данном случае существенным является физическое состояние, в котором находятся эти объекты.

Более или менее удовлетворительных фотометрических данных об интенсивностях эмиссионных линий WR звезд, являющихся ядрами планетарных туманностей, к сожалению, имеется весьма немного. В табл. 1 приведены относительные интенсивности наиболее характерных эмиссионных полос для двух ядер планетарных туманностей — BD +30° 3639 и NGC 40 — и для трех обычных WR звезд — HD 192103, 192641 и 193793. Данные для указанных объектов взяты из [3, 4, 5]. Приведенные ядра туманностей и звезд WR при-

надлежат к углеродной серии; в их спектрах линии азота почти отсутствуют.

Таблица 1

	Планет. туманности		Звезды WR		
	BD +30°3639	NGC 40	HD 193103	HD 192641	HD 193793
4323 CII	0.77	0.91	0.20	0.36	0.18
4686 HeI					
4650 CIII	{ 7 4.75 9	4.26	{ 4.25 3.24	4.75	{ 4.10 2.20
4686 HeII					
3889 HeI, CII	1.52	0.27	0.24	0.1	0.07
4686 HeII					

Из приведенной таблицы следует, что в пределах дисперсии величины относительных интенсивностей линий среди данной серии звезд ядра туманностей BD +30°3639 и NGC 40 достаточно сходны с приведенными в табл. 1 WR звездами. Здесь следует добавить также, что ядра этих туманностей, в особенности BD +30°3649, очень богаты эмиссионными линиями — свойство, весьма характерное для спектров WR звезд.

2. Среди звезд WR существует одна немногочисленная группа, спектр которой принадлежит как бы переходной серии — от WN к WC; в ней эмиссионные линии углерода и азота присутствуют с равными по порядку величины интенсивностями. Представителями этой серии (WN + WC) звезд являются HD 45166, 62910, 90657 [6]. Оказывается, что среди ядер планетарных туманностей также встречаются звезды типа WN + WC, например ядра NGC 6544, 6572, 6826 и т. д. При общей немногочисленности звезд типа WN + WC указанный факт существования таких звезд как в отдельности, так и в качестве ядер планетарных туманностей приобретает особое значение.

3. Непосредственно к звездам типа WR примыкают звезды типа Of, в спектрах которых характерными являются [7, 8]: 1) наличие эмиссионных линий $\lambda\lambda 4634$ NIII, 4640 NIII

и 4686 He I; 2) относительная узость этих линий, соответствующая скорости истечения газовой материи с их поверхностей порядка 100 км/сек; 3) изменения профилей и эквивалентных ширин линий во времени.

Согласно тщательным спектрофотометрическим исследованиям Аллера и Вилсона [9], а также Оке [7], некоторые планетарные туманности имеют ядра типа Of. К таким туманностям относятся NGC 2392, IC 4593, NGC 6210 и, по-видимому, туманность IC 418, хотя Свингс, например, определяет тип ядра этой туманности как переходный от WR к Of [8]. В [9] приведены репродукции спектрограмм ядра NGC 2392 и двух звезд типа Of — HD14947 и 16691, откуда следует идентичность структуры спектра ядра NGC 2392 со спектрами указанных звезд; только эмиссионные линии в спектре ядра несколько уже.

Особый интерес представляет установленный упомянутыми исследователями факт изменения во времени формы и эквивалентных ширин эмиссионных линий у ядер указанных туманностей. Характер этих изменений оказался сходным с характером изменений, наблюдаемых у обычных Of звезд. Этот факт следует считать прямым доказательством того, что если не большинство ядер планетарных туманностей, то по крайней мере некоторые из них являются типичными нестационарными звездами.

Имеющиеся в настоящее время данные еще недостаточны, чтобы оценить амплитуду и период изменений (если они реальны) профилей эмиссионных линий у ядер указанных туманностей. Тем не менее из этих данных следует, что, например, в спектре ядра туманности NGC 2392 интенсивность эмиссионной линии $\lambda 4686 \text{ HeII}$ может меняться до двух раз, линии $\lambda 4634 \text{ NIII}$ — до четырех-пяти раз, а в случае ядра IC 4593 линии $\lambda 4634 \text{ NIII}$ и $\lambda 4551 \text{ CIII}$ порою совершенно исчезают [9].

В связи с этим следует упомянуть любопытный факт уменьшения интенсивности запрещенной линии $\lambda 4363 [\text{OIII}]$ в спектре планетарной туманности IC 4997 более чем в 2,5 раза в течение сорока лет [10]. Это явление, как показано в [11], объясняется остыванием ядра этой туманности.

что, учитывая небольшую продолжительность процесса остывания, следует считать достаточным признаком его нестационарности. Кстати, ядро этой туманности имеет спектр типа $WN + WC$.

Приведенные примеры показывают, что нестационарность свойственна, по-видимому, ядрам большинства, если не всех, планетарных туманностей. И если в этом отношении наши сведения весьма ограничены, то это следует объяснить, в основном, слабостью большинства ядер, а также наложением свечения туманности на излучение ядра, сильно затрудняющими их исследование.

4. Таким образом, при внимательном рассмотрении всегда можно найти среди спектров обычных звезд WR , $WN + WC$ и Of такие, которые достаточно похожи на спектры ядер той или другой туманности. Такое же сочетание, между прочим, можно найти и среди обычных абсорбционных O звезд (OA), однако мы ограничимся рассмотрением, в основном, звезд с эмиссионными линиями — звезд с наиболее сильным проявлением нестационарности.

Попытаемся теперь проверить, входят ли указанные звезды в какие-нибудь O -ассоциации? В табл. 2 приведен небольшой список тех WR , $WN + WC$ и Of звезд, которые, будучи похожи по спектру на ядра некоторых планетарных туманностей (см. примечание к табл. 2), вместе с тем являются членами отдельных O -ассоциаций (последний столбец табл. 2). Мы привыкли считать члены звездных ассоциаций молодыми образованиями, поэтому, в силу сделанных выше рассуждений, то же самое в какой-то мере приходится допустить и в отношении ядер указанных туманностей. Далее, поскольку порядок величины продолжительности жизни одинаков для всех планетарных туманностей, то следует заключить, что молодыми и совсем недавно возникшими звездами являются не только ядра указанных в табл. 2 туманностей, но и ядра, по-видимому, всех туманностей. Из этого следует, наконец, что основным в рассматриваемом вопросе является не образование и формирование туманности, а образование и формирование новой звезды, при котором, как побочный продукт, образуется туманность.

Таблица 2

HD	α	δ	m	Спектр	Ассоциация
14947 (1)	02 19.5 ^{ч м}	+58° 25'	8.04	O _I	Кассиопея VI
16691 (1)	02 35.5	+58 28	8.4	O _I	Кассиопея VI
45166 (2)	06 20.8	+08 13	9.6	WN+WC	Единорог II ?
62910 (2)	07 41.1	-31 41	10.0	WN+WC	Корма
90657 (2)	10 22.9	-51 08	9.8	WN+WC	Киль
451804 (3)	16 44.5	-41 04	5.37	O _I	Скорпион
152403 (3)	16 48.0	-41 00	6.03	O _I	Скорпион
192103 (4)	20 08.1	+35 54	8.25	WC	Лебедь I
198641 (4)	20 10.8	+36 21	8.16	WC	Лебедь I
193793 (4)	20 17.1	+43 32	6.8	WC	Лебедь II ?

Примечание: Указанные в первом столбце звезды идентичны по своим спектрам с ядрами следующих планетарных туманностей:

- (1) IC 418, NGC 2392, 6210, IC 4593;
- (2) NGC 40, BD+30°3639;
- (3) IC 418 (см. [8]);
- (4) NGC 6543, 6572, 6826, IC 4997.

5. Изложенная выше концепция образования и формирования планетарной туманности, как остатка звездообразовательного процесса (более подробно см. [1]), а не как результат одновременного выброса или непрерывного истечения газовой материи из центральных звезд, как это иногда принимается в литературе, подкрепляется также следующим фактом. В некоторых случаях наблюдения дают для скорости истечения газовой материи из ядра данной туманности величину порядка 1000 км/сек, в то время, когда скорость расширения самой туманности порядка нескольких десятков км/сек. На это обстоятельство следует обратить особое внимание, так как в настоящее время следует считать доказанным, что в условиях планетарных туманностей никаким механизмом торможения невозможно уменьшить столь громадные скорости движения газовых масс на два порядка (см. [12], стр. 137). В качестве дополнительного аргумента в пользу подобного утвер-

ждения может служить пример оболочек некоторых Новых, выброшенных во время их вспышек, которые сохраняют порядок величины первоначальных огромных скоростей выброса даже после того, когда их размеры достигают и даже превышают размеры нормальных планетарных туманностей (например, оболочки N Орла 1918, N Персея 1901 и т. д.). Между тем условия свечения оболочек Новых, как известно, не очень отличаются от условий свечения планетарных туманностей.

В табл. 3 приведен список тех планетарных туманностей, для которых имеются данные о скорости их расширения V_m , а также скорости истечения газовой массы из их ядер V_0 . Данные для V_m взяты: для NGC 6572 — из [14], для остальных туманностей — из [15]. Данные для V_0 взяты из различных источников, указанных в скобках в последнем столбце табл. 3.

Таблица 3

Планетарная туманность	Скорость расширения планет. туманности V_m км/сек	Скорость истечения из ядра V_0 км/сек
J 351	24.5	~1000 [3]
IC 418	—	80 [8]
NGC 2392	56.3	~ 100 [7,13]
6210	21.1	~ 100 [7]
6541	12	~ 100 [8]
6572	4	~ 500 [8]
6751	—	~1000 [3]
6826	—	~ 250 [8]
6905	—	~1000 [3]
7026	40.8	~1000 [13]
Анон. 18 ^h 09 ^m	—	185 [8]
BD+30°3639	—	300 [8]
IC 4593	—	~ 100 [7]
4997	—	~ 100 [8]

Приведенные в табл. 3 данные достаточно наглядно указывают на существование реальной разницы между ско-

ростью расширения туманности— V_m и скоростью истечения газовой материи— V_0 из их центральных звезд. Характерно также отсутствие корреляции между V_0 и V_m ; порядок величины V_0 для приведенных туманностей колеблется в довольно широком интервале, тогда как порядок величины V_m для всех туманностей почти одинаков. Последнее обстоятельство следует считать косвенным доказательством того, что условия образования туманности в результате отрыва части центрального объекта (дозвездная стадия) и условия, при которых из только что сформировавшейся звезды происходит истечение газовой материи, совершенно разные.

6. В связи с этим следует остановиться на величине массы $\mathcal{M}$, выбрасываемой одной звездой WR за год. Как известно, существующие оценки, основанные, между прочим, на весьма произвольных и по существу необоснованных допущениях относительно физических условий и геометрических параметров поверхностных слоев звезды WR, дают $\mathcal{M} \sim 10^{-5} \odot$. Из этой оценки следует, что через 10^4 лет масса туманности увеличивается по крайней мере вдвое, приняв первоначальную массу туманности равной $0,1 \odot$, а скорость ее расширения достигает до 500 км/сек , приняв скорость истечения у звезды WR равной 1000 км/сек . Иначе говоря, если верно, что $\mathcal{M} \sim 10^{-5} \odot$, то мы должны были ожидать дисперсию в величинах скоростей расширения туманностей, достигающую до нескольких сот км/сек , чего не наблюдается. Коль скоро возможность существенного торможения продуктов истечения из ядра типа WR исключается, приходится допустить, что суммарное количество движения продуктов истечения ядра за всю жизнь туманности остается меньше, чем количество движения собственной массы туманности. А это возможно только в том случае, когда суммарная масса, выброшенная ядром в указанном промежутке времени, значительно меньше массы самой туманности.

Впрочем, мы можем оценить величину $\mathcal{M}$, исходя из допущения, что количество движения планетарной туманности к концу своей жизни, т. е. за 10^4 — 10^5 лет, увеличивается — за счет количества движения выброшенной звездой WR материи — вдвое по сравнению с ее количеством движе-

ния в момент образования (динамическая оценка). Это дает для $\dot{M}$ значение порядка $10^{-7}—10^{-8} \odot$. Заметим, что даже учет эффекта дифференциального торможения, вызванного световым давлением L_* излучения туманности, не может повлиять на порядок величины этой оценки (см. [12], стр. 137).

Приведенная оценка интенсивности истечения газовой материи $—10^{-7}—10^{-8} \odot$ — относится к звездам WR, являющимся ядрами планетарных туманностей. Однако есть основание полагать, что она верна и для звезд WR, входящих в О-ассоциации.

Можно, однако, вопрос поставить и иначе: ежегодный выброс массы одной звезды типа WR достигает порядка $10^{-5} \odot$, но при этом процесс истечения длится не $10^{-4}—10^{-5}$ лет, а значительно меньшее время. Возможно, что в некоторых случаях это так и есть, но в большинстве случаев это не имеет места; есть веские основания полагать, что продолжительность процесса истечения из ядра типа WR порядка продолжительности жизни самой туманности.

Следует заметить, что в последнее время часто стали появляться работы, где ставится вопрос о серьезном пересмотре представлений, которые мы имеем в настоящее время в отношении природы звезд WR и, в особенности, о физическом состоянии их внешних слоев. Так, например, опираясь на имеющийся наблюдательный материал, Занстра и Ееенен [16] и Ван Пелт [17] показали существование стратификации излучения в атмосферах звезд WR, такой, какая наблюдается у планетарных туманностей (модель Боуэна). Если это верно, то приходится допустить наличие сильной диллюции излучения на внешней границе оболочки, окружающей звезду WR, т. е. допустить для этих звезд условия, близкие к условиям в планетарных туманностях.

В противоположность этому, Джонсон приводит данные, говорящие против представления о существовании крайне протяженной атмосферы у звезд WR и против возможности постоянного выброса ими огромных масс с громадными скоростями [18]. Яркие полосы в спектрах звезд WR, согласно Джонсону, могут быть обусловлены электри-

ческим разрядом (аналогично полярным сияниям), которые могут иметь место в более плотных и более близких к фотосфере областях.

Некоторые соображения и выводы авторов этих работ, конечно, вызывают возражения и не могут быть приняты без дополнительных доказательств. Но трудно не согласиться с ними в том, что существующее представление о природе WR звезд нуждается в коренном пересмотре.

7. Имеется достаточно оснований допустить, что ядра планетарных туманностей эволюционируют довольно быстро, в результате чего в момент исчезновения и рассеяния туманности в межзвездном пространстве их ядра, имеющие в первоначальное время спектры с эмиссионными линиями (WR), абсорбционными линиями (OA) и без линий, переходят в другие — обычные типы звезд, составляющие промежуточную-сферическую подсистему Галактики (см. [12], стр. 191). Однако из этого правила могут быть сделаны исключения, когда по различным причинам и, в частности, по причине так называемого „условия видимости“ ([12], стр. 115), туманность становится невидимой еще до того, как ядро успеет существенно видоизмениться по спектру. Иначе говоря, есть определенная вероятность того, что часть обычных WR звезд, а также звезд типа OA, является бывшими ядрами планетарных туманностей.

Это допущение становится более вероятным, если иметь в виду, что звезды WR и OA, как правило, присутствуют в Галактике группами — в O-ассоциациях — факт, который в настоящее время считается твердо установленным. Присутствие одиночных звезд типа WR и OA в отдельных областях Галактики в свое время вызвало недоумение и некоторое затруднение в теории звездных ассоциаций, хотя не была исключена возможность того, что они могли бы быть остатками рассеянных звездных ассоциаций, а также вылетавшими с большими скоростями звездами из еще существующих ассоциаций. Между тем предположение, что часть этих звезд является бывшим ядром планетарных туманностей, снимает указанное затруднение.

Было бы интересно провести специальное исследование спектров звезд WR и ОА, не входящих в состав звездных ассоциаций, с тем, чтобы подыскать среди них звезды, имеющие спектры, сходные со спектрами ядер планетарных туманностей (аналогично тому, как это сделано выше в разделе 1).

Говоря о генетической связи свободных звезд типа ОА и WR, не входящих в звездные ассоциации, с ядрами планетарных туманностей, следует учесть также статистику их пространственного или, по крайней мере, видимого распределения. Дело в том, что около 50% планетарных туманностей с ядрами WR имеет, как это видно из табл. 4, галактическую широту больше $|b|=10^\circ$. Между тем всего 1% из известных нам 97 звезд типа WR имеет $|b|>10^\circ$. С другой стороны, количество звезд WR, не связанных с ассоциациями, составляет около 25% от их общего количества, т. е. около 24 объектов. Выходит, что 1% от этого количества, т. е. меньше чем одна WR звезда, является бывшим ядром планетарных туманностей. Это, по-видимому, не так, и причину этого следует искать в следующем.

Таблица 4

NGC	α	δ	l	b	mp	Спектр ядра
40	00 ^h 07 ^m 6	+71° 58'	87° 5'	+10° 1'	11.4	WC [6,3]
1747	01 50.3	+62 49	98.0	+ 1.8	15.0	WC [25,5]
J 351	03 41.1	+34 45	127.0	-14.0	15.0	WC [6]
1501	03 58.4	+60 39	112.1	+ 7.4	13.4	WC [5]
I 418	05 22.9	-12 46	182.7	-22.8	10.9	Of [6, 7, 8]
2392	07 23.3	+21 07	165.5	+17.6	10.5	Of [7, 6, 13]
4593	16 07.0	+12 20	352.9	+39.4	10.2	Of [7]
6210	16 40.3	+23 59	10.4	+36.5	12.5	Of [6]
6543	17 58.6	+16 38	63.0	+29.6	11.1	WN+WC [3, 6, 8]
6572	18 07.2	+05 50	2.2	+10.4	12	WN+WC [17, 16]
Анон. 18 ⁿ 09 ^m	18 09.7	-30 54	325.8	- 7.3	—	WC [6]
I 4776	18 39.3	-33 27	329.6	-14.8	—	WC [17, 26]
6751	19 00.5	-06 08	357.0	- 7.4	13.3	WC [27]
I 4997	19 15.6	+16 25	26.2	-12.2	—	WN+WC [6, 8]
BD+30° 3639	19 30.8	+30 18	72.4	+ 4.0	10.3	WC [3]
6826	19 42.1	+50 17	50.9	+12.2	10.8	WN+WC [6, 8, 25]
6905	20 17.9	+19 47	29.4	-10.7	14.2	WC [27]
7026	21 02.9	+47 27	56.7	- 0.2	14.8	WC [27]
I 5217	22 19.9	+50 28	63.5	- 5.6	14.6	WC [26]

Оказывается, что имеет место селекция в составе тех туманностей, ядра которых были изучены. Для ясности обратимся к табл. 5, где во втором столбце приведены последовательно по строкам: общее количество планетарных туманностей; количество туманностей, имеющих ядро типа WR; количество туманностей, имеющих ядро типа ОА; общее количество звезд типа ОА, данные о которых собраны из различных источников и были любезно предоставлены автору Б. Э. Маркаряном; общее количество свободных звезд типа WR. В третьем и четвертом столбцах приведены относительные количества указанных объектов в процентах, имеющих галактическую широту $|b| < 10^\circ$ и $|b| > 10^\circ$ соответственно.

Как следует из этой таблицы, 24%, т. е. около одной четвертой части от общего количества планетарных туманностей, имеют галактическую широту $|b| > 10^\circ$. Если допустить, что вероятность иметь ядро типа WR или ОА для двух туманностей, одна из которых находится около галактического экватора, а другая — на высоких галактических широтах, одна и та же, то следовало бы ожидать точно такое же распределение количества туманностей по координате b , имеющих ядра типа WR и ОА, т. е. 24% должны находиться выше $|b| = 10^\circ$, 75% — ниже $|b| = 10^\circ$. Между тем, как следует из второй строки табл. 5, 53%, т. е. даже больше половины общего количества туманностей с ядром WR, имеют галактическую широту $|b| > 10^\circ$. Еще больший процент мы имеем для туманностей с ядром ОА — 76%. Имея в виду сделанное выше допущение, этот факт нельзя объяснить иначе, чем селекцией наблюдений — изучение ядер (типа WR и ОА) планетарных туманностей было произведено в высоких галактических широтах почему-то в несколько раз большем количестве, чем в низких широтах. Интересно выявить причину указанной селекции, если, конечно, она не случайна. Ясно одно: если продолжать изучение ядер планетарных туманностей, находящихся на низких галактических широтах, процент туманностей с WR ядром будет расти.

Можно обсудить и другую возможность, а именно, что в Галактике существуют две, имеющие различные кинематические характеристики, системы звезд типа WR (а также

ОА). Первая — плоская система — состоит из представителей существующих и разрушенных звездных ассоциаций. Вторая — сферическая-промежуточная система — состоит из быв-

Таблица 5

Объекты	Общее количество	Количество объектов в %, имеющих галактическую широту	
		$ b < 10^\circ$	$ b > 10^\circ$
Все планет. туманности	288	76	24
Туманности с WR ядром	15	47	53
Туманности с ОА ядром	25	24	76
Звезды типа ОА	193	89	11
Звезды типа WR	97	99	1

ших ядер планетарных туманностей. Для представителей первой системы характерна также малая дисперсия пекулярных скоростей и относительно большая продолжительность жизни в фазе WR — порядка миллиона лет. Для представителей второй системы, наоборот, характерна большая дисперсия скоростей и малая продолжительность жизни в фазе WR — порядка несколько десятков или сот тысяч лет. Именно последним обстоятельством следует объяснить почти полное отсутствие свободных, без туманной оболочки, звезд типа WR на высоких галактических широтах.

Нам эта возможность кажется более вероятной. Но, к сожалению, имеющиеся данные пока крайне недостаточны, чтобы проверить все это на фактическом материале. Достаточно сказать, что из 14 туманностей с ядром WR всего 4 имеют ядро ярче 12^m ; яркость остальных ядер доходит до 15^m . Между тем двенадцатая звездная величина является предельной для изученных обычных WR звезд. По той же причине трудно проверить, являются ли WR ядра планетарных туманностей спектроскопическими двойными — свойство, весьма распространенное среди обычных WR звезд.

Резюмируя, можно сказать, что имеющаяся статистика не противоречит предположению, что часть WR и ОА

звезд, т. е. звезд ранних типов, не входящих в состав звездных ассоциаций, является бывшими ядрами планетарных туманностей. В процентном отношении эта часть больше для ОА звезд и меньше для WR звезд.

8. Высказанная выше гипотеза о том, что часть звезд ранних типов может являться бывшими ядрами планетарных туманностей, подкрепляется еще другими данными. В самом деле, известны, правда, пока в небольшом количестве, звезды раннего типа, которые по своему пространственному распределению, кинематическим характеристикам или другими особенностями существенно отличаются от обычных представителей данного типа. В табл. 6 приведены четыре таких объекта, три из которых являются звездами типа ОА, четвертая — типа В5. Все они имеют очень большие значения z координаты, характерные для промежуточной-сферической подсистемы. Звезда CD+28° 4211 интересна еще тем, что она является очень голубым объектом — показатель цвета для нее равен $-0^m.62$ [23], а максимум интенсивности непрерывной энергии находится около $\lambda 4100 \text{ \AA}$ [21].

Таблица 6

	α	δ	l	b	m	Спектр	z парсек	Ссылка
HD 93521	$10^h 42^m .7$	$+38^\circ 06'$	$150^\circ .1$	$+63^\circ .6$	6.9	O9Vp	1470	[20]
HD 127493	$14 26.6$	$-22 13$	299.9	$+35.6$	10.0	O9	2700	
BD 28°4211	$21 49$	$+28 38$	50.2	-19.9	9.9	O	1700	[21]
№ 25 в скоп. NGC 1647	$04 44.3$	$+19 03$	148	-15.0	12.5	B5V	$600-1200$	[22]

Звезда № 25 в открытом звездном скоплении NGC 1647 имеет скорость, исправленную за движение Солнца, равную -39 км/сек — необыкновенно большое значение для нормальной звезды класса В, и это обстоятельство достаточно, чтобы отнести ее к сферической составляющей Галактики.

В одном случае, а именно для достаточно расширенной и, по-видимому, находящейся на последнем этапе своей

жизни туманности — NGC 1514, ядро, согласно Мак Лафлину, является звездой типа B9 [24]. Этот факт делает более вероятным предположение о том, что указанная выше звезда № 25 может являться бывшим ядром планетарной туманности.

Выделение бывших ядер планетарных туманностей среди свободных звезд типа ОА плоской подсистемы Галактики сильно затрудняется тем, что часть этих звезд является остатком разрушенных О-ассоциаций. Для „высокогалактических“ звезд раннего типа это затруднение отпадает, так как на таких широтах О-ассоциаций не бывает. Этим еще больше увеличится вероятность того, что упомянутые „высокогалактические“ звезды в самом деле являются бывшими ядрами планетарных туманностей. Было бы интересным предпринять специальные поиски с целью обнаружить остатки исчезнувших планетарных туманностей вокруг некоторых „высокогалактических“ звезд раннего типа.

Таким образом, хотя несомненно, что ядра планетарных туманностей в среднем эволюционируют довольно быстро и к моменту разрушения туманности успевают перейти в нормальные звезды промежуточной-сферической подсистемы, но некоторые из них к моменту исчезновения туманности еще сохраняют признаки нестационарности.

9. Сделанные выше выводы позволяют развить следующие рассуждения, приводящие опять-таки к тому, что ядра планетарных туманностей являются новорожденными звездами. В самом деле, если ядра планетарных туманностей довольно быстро превращаются в обычные, нормальные звезды Галактики, то этим фактически мы узнаем конечную стадию ядер. С другой стороны, в свою „бытность“ в центрах туманностей они являлись нестационарными звездами, а, следовательно, этим мы узнаем промежуточную стадию ядер. Спрашивается, каким должна быть предыдущая стадия ядра, когда туманности еще не было. Ясно, что она не может быть опять стадией нормальной звезды: при такой громадности масштабов состояния нестационарности, которая вместе с тем охватывает значительное количество объектов в Галактике, предыдущая стадия ядер планетарных туманностей может быть только дозвездной стадией.

В заключение следует заметить, что сделанный выше анализ данных наблюдений, подтверждая гипотезу о молодости ядер планетарных туманностей, указывает вместе с тем на продолжающийся в настоящее время процесс звездообразования не только в плоской подсистеме Галактики, но, по-видимому, и во всем ее объеме.

Выражаю глубокую благодарность акад. В. А. Амбарцумяну за интересное обсуждение вопросов, затронутых в настоящей статье, а также за ряд ценных замечаний.

Март, 1958

Գ. Ա. ԳՈՒՐԶԱԴՅԱՆ

ՄՈՆՈՐԱԿԱԶՆՎ ՄԻԳԱՄԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻՋՈՒԿՆԵՐԻ ԵՐԻՏԱՍԱՐԴԻ ԼԻՆԵԼՈՒ ՀԱՐՑԻ ԱՌԹԻՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ներկա աշխատանքում բերվում են մի շարք փաստեր այն տեսակետի օգտին, ըստ որի մոլորակաձև միզամածութիւնները հանդիսանում են աստղառաջացման երևույթի տականքներ, երբ նախանյութի մի մասը, չօգտագործվելով, դուրս է մնում ծնվող աստղի սահմաններից:

1. Հայտնի է, որ որոշ մոլորակաձև միզամածութիւնների միջուկները հանդիսանում են Վոլֆ-Ռայե (WR) տիպի աստղեր: Պարզվում է, որ առանձին դեպքերում այդ WR աստղերը իրենց սպեկտրներով նման են այն WR աստղերին, որոնք մտնում են Օ-աստղասփյուռների մեջ:

2. Մոլորական WR աստղերի մեջ կա մի ենթատիպ—WN + WC, որի սպեկտրում ածխածնի և ազոտի գծերն ունեն գրեթե նույն ինտենսիվությունը: Որոշ միզամածութիւնների միջուկներ նույնպես ունեն WN + WC տիպի սպեկտր, որը պետք է համարել ուշագրավ երևույթ, նկատի ունենալով այդ ենթատիպի աստղերի փոքրաքանակ լինելը:

3. Միզամածութիւնների միջուկների մեջ հանդիպում են նաև Օf տիպի աստղեր, որոնք սովորաբար հանդես են գալիս Օ-աստղասփյուռներում և հայտնի են որպես անկայուն աստղեր:

4. Քանի որ WR, WN + WC, Of աստղերի Օ-աստղա-

սփյուռնեւրում հանդես գալու փաստը ճանաչված է որպէս ալֆաստղերի երիտասարդ լինելու հանգամանքը, ապա տրամաբանական կլիներ երիտասարդ համարել նաև միգամածութեան միջուկ հանդիսացող WR, WN + WC և Of աստղերը:

5. Այն հանգամանքը, որ միգամածութեան անկայուն միջուկներից զազալին նյութի արտափոխումը կատարվում է մեծ արագութեամբ (~ 1000 կմ/վրկ), իսկ իրենք՝ միգամածութեանները լայնանում են անհամեմատ փոքր արագութեամբով (10 կմ/վրկ), վկայում է այն մասին, որ միգամածութեան առաջացման պայմանները և արդեն պատրաստի աստղից զազալին նյութի արտափոխման պայմանները միանգամայն տարբեր են իրարից:

6. WR տիպի աստղերից զազալին նյութի արտափոխման ինտենսիվութեան վերաբերյալ գոյութիւն ունեցող գնահատումները ($10^{-5} - 10^{-6} \odot$ մեկ տարվա ընթացքում) ըստ երևույթին ճիշտ չեն և կարիք ունեն վերանայման: Ալֆ ինտենսիվութեան հավանական մեծութեւնն է՝ $10^{-7} - 10^{-8} \odot$:

7. Միգամածութեւնների միջուկները զարգանում են համեմատաբար արագ և միգամածութեան չքանալու պահին նրանք հիմնականում ձևափոխվում են գլխավոր հուջրոգենաութեան տիպի աստղերի ու խառնվում Գալակտիկայի ընդհանուր դաշտում: Ալֆ ընդհանուր կանոնից կարող են լինել բացառութեւններ և շատ հավանական է, որ ներկայումս գիտվող հատ ու կենտ WR աստղերը, որոնք չեն մտնում և ոչ մի հայտնի աստղասփյուռու մեջ, հանդիսանում են միգամածութեւնների նախկին միջուկներ:

8. Բարձր գալակտիկ լայնութեւններում երևացող սակավաթիւ ջերմ աստղերն ամենայն հավանականութեամբ հանդիսանում են մոլորակաձև միգամածութեւնների նախկին միջուկներ:

9. Եթե միգամածութեւնների վերջնական վիճակը՝ դա նորմալ աստղերի վիճակն է, իսկ միջանկյալը՝ այն է, ինչ ավժամ է տեսնում, ալֆինքն անկայուն աստղի վիճակ, ապա անհավանական է, որ նրա սկզբնական վիճակը դարձյալ լինի աստղի նորմալ վիճակ. անկայունութեան զրոսեորման նման մասշտաբների դեպքում, որն իր հերթին ընդգրկում է Գալակտիկայի զգալի քանակութեամբ օրիկտներ, միգամածութեան միջուկների սկզբնական վիճակը կարող են լինել միայն նախաստղային վիճակ:

Բերված փաստերը վկայում են, որ աստղաառաջացման երկփուլժը տեղի է ունենում ոչ միայն Գալակտիկայի հարթ սիստեմի սահմաններում, այլև նրա ողջ ժապաւում:

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Гурзаян, Вопросы космогонии, VI, 1958.
2. Г. А. Гурзаян, ДАН СССР, 113, 1013, 1957.
3. L. H. Aller, Ap. J., 97, 135, 1943.
4. Y. Andrilliant, Suppl. aux Ann. d'Ap., № 2, 33, 1957.
5. C. S. Beals, Publ. Dom. Obs. Victoria, 4, 271, 1931; 6, 93, 1934; 9, 1, 1951, M. N., 90, 202, 1929; 92, 677, 1932.
6. L. H. Aller, Gaseous Nebulae, London, 1956.
7. J. B. Oke, Ap. J., 120, 22, 1954.
8. P. Swings, Ap. J., 95, 112, 1942.
9. L. H. Aller а. O. C. Wilson, Ap. J., 119, 243, 1954.
10. Sky and Telescope, 16, № 5, 222, 1954.
11. Г. А. Гурзаян, Астрон. журнал, 35, 520, 1958.
12. Г. А. Гурзаян, Вопросы динамики планет. туманностей, Ереван, 1954.
13. O. C. Wilson, Ap. J., 108, 281, 1948.
14. H. Zanstra, Zs. f. Ap., 3, 329, 1931.
15. O. C. Wilson, Ap. J., 111, 279, 1950.
16. H. Zanstra а. J. Weenen, B. A. N., 11, 165, 1950.
17. A. van Pelt, B. A. N., 13, 285, 1957.
18. M. Johnson, Obs., 74, 124, 1954.
19. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Газовые туманности и Новые звезды, М.—Л., 1948.
20. W. W. Morgan, A. J., 59, 86, 1954.
21. D. MacRae, R. Fleischer а. E. Weston, Ap. J., 113, 432, 1951.
22. J. Greenstein а. J. Cuffey, PASP, 66, 187, 1954.
23. D. L. Harrits, Ap. J., 113, 435, 1951.
24. D. McLaughlin, PASP, 54, 31, 1942.
25. P. Swings а. J. W. Swensson, Ann. d'Ap., 15, 290, 1952.
26. W. H. Wright, Publ. Lick Obs., 13, 1918.
27. L. H. Aller, Ap. J., 113, 125, 1951.