

АСТРОНОМИЯ

Академик Г. А. ШАЙН и В. Ф. ГАЗЕ

ОБ ЭМИССИОННЫХ ТУМАННОСТЯХ В ГАЛАКТИКАХ

1. Эмиссионные туманности, как более или менее компактные газовые или газо-пылевые образования, являются довольно распространенным типом населения нашей Галактики. Хотя мы можем проникнуть в глубину Галактики меньше чем на 2—3 кпс, но уже в настоящее время зарегистрировано несколько сот туманностей. Иногда туманности занимают почти сплошь значительные участки неба, как, например, в области γ Лебеда. Помимо этого, область в пределах широт $\pm 5^\circ$ в очень значительной степени заполнена слабым эмиссионным фоном. Необходимо еще учесть, что обычно большое поглощение в низких широтах весьма ограничивает возможности обнаружения здесь эмиссионных туманностей. Наконец, следует иметь в виду, что видимость эмиссионных туманностей обуславливается наличием возбуждающих звезд O, B0, или иного источника возбуждения (столкновения).

В настоящее время достаточно твердо установлено, что эмиссионные туманности располагаются на спиральных ветвях. Очень большая распространенность газа в нашей Галактике и расположение его в спиральных ветвях подтверждается радионаблюдениями на длине волны 21 см. Более того, судя по этим наблюдениям, нейтральный водород встречается едва ли не сплошь вдоль всех спиральных ветвей.

2. Эмиссионные туманности, несомненно, являются распространенным типом населения также и внегалактических туманностей. В этом отношении мы могли изучить с некоторыми подробностями лишь более близкие спиральные туманности M31, M33, M51, M101, NGC2403, NGC3627, NGC4258, NGC4631 и др. Согласно детальным исследованиям Бааде и Мэйолл, в M31 имеются сотни эмиссионных туманностей, расположенных вдоль спиральных ветвей ⁽¹⁾. В M33 обнаруживается свыше 100 эмиссионных туманностей при помощи даже не очень больших инструментов ⁽²⁻⁴⁾. Базируясь на наших снимках, полученных с узким красным фильтром для H_α , узким фиолетовым для λ 3727 и обычным желтым фильтром, мы могли дать распределение эмиссионных туманностей в M33 ⁽⁴⁾. Помимо этих более ярких туманностей, можно заподозрить наличие большого числа более слабых туманностей, а также отдельных пятен или небольших участков в туманности, имеющих эмиссионный характер. В других предварительно исследованных нами галактиках мы также нашли некоторое количество наиболее ярких эмиссионных туманностей. Для иллюстрации мы даем на рис. 1 и 2 распределение этих туманностей для M51 и NGC2403 (кружки — более уверенные случаи). Часть этих туманностей была известна или заподозрена ранее ⁽⁵⁻⁷⁾. Самые слабые туманности, представленные на рис. 1 и 2, — 15^m . 5— 16^m . 0 (в системе красных величин). Для указанных галактик это соответствует предельной абсолютной величине около -6^m . 3 для M31 и M33 и ярче -8^m для других перечисленных выше галактик. Если принять новую

шкалу Бааде, то яркость их увеличится на $-1^m.5$. В этой же системе длин волн интегральная абсолютная яркость NGC1976 приблизительно равна $-6^m.5$. Таким образом, самые слабые отмеченные нами на рис. 1 и 2 эмиссионные туманности не слабее NGC1976, большинство же ярче или много ярче. Но NGC1976 является самой яркой туманностью в Галактике. Упомянутые выше галактики были выбраны для исследования только как наиболее близкие и, вероятно, только поэтому они являются более яркими и более значительными по угловому размеру. Вследствие этого нет основания считать их какими-то исключительными галактиками.

Не приходится сомневаться, что в каждой из упомянутых спиральных галактик, помимо выделенных более значительных и ярких эмиссионных туманностей, имеются еще сотни более слабых туманностей. По крайней мере в наиболее доступных для исследования галактиках M31 и M33 обнаруживается много (сотни) эмиссионных туманностей.

Рассмотренные выше внегалактические туманности принадлежат к классу Sc и Sb. Повидимому, M31 в отношении эмиссионных туманностей не беднее нашей Галактики; другие, вероятно, много богаче.

Таким образом, галактики, выбран-

ные для более детального исследования (выбранные лишь по принципу их близости к нам), дают весьма серьезное основание думать, что в отношении газового населения они не беднее нашей собственной Галактики.

С другой стороны, имеются также основания считать, что богатство эмиссионными туманностями распространяется вообще на все спиральные туманности, в особенности на Sc. Действительно, при получении для разных целей спектров внегалактических туманностей Sc и Sb на обсерватории Маунт Вилсон при помощи щелевого спектрографа эмиссионная линия λ 3727 обнаружилась в 88% случаев и несколько меньше на Ликской обсерватории ⁽¹⁾. Учитывая, что щель преимущественно пересекала центральную область (ядро) и что линия λ 3727 приходилась большей частью на недодержанные части спектра, можно считать, что практически во всех спиральных туманностях Sc и Sb обнаруживается линия λ 3727. В отношении H_α очевидно, это должно быть не менее справедливо. Представляется очень вероятным, что если бы эти внегалактические туманности могли быть исследованы детально, то с теми или иными вариациями мы нашли бы в них в отношении газового населения такую же приблизительно картину, как и в M31, M33, M51, M101, NGC2403... и в нашей Галактике. Поэтому можно считать, что характерной особенностью спиральных галактик является богатство их газовыми туманностями, расположенными вдоль спиральных ветвей почти по всей их длине.

Эта особенность спиральных туманностей представляет очень большой интерес в связи с вопросом об относительном возрасте галактик в целом и входящих в них эмиссионных диффузных туманностей. На основании ряда известных соображений можно принять $3 \cdot 10^9$ лет как нижнюю границу для возраста галактик, в том числе и для нашей Галактики. С другой стороны, имеются очень серьезные основания считать, что возраст диффузных эмиссионных туманностей как более или менее компактных образований — порядка 10^7 лет или меньше. В пользу этого говорят общие физические соображения а также некоторые наблюдательные данные:

а) Наблюдаемая структура некоторых туманностей в виде колец, дуг должна быть интерпретирована как указание на расширение и, следова-

тельно, на сравнительно недавнее происхождение туманностей, а также на их рассеяние в недалеком будущем ⁽⁸⁾.

б) Наличие групп эмиссионных туманностей, в отношении которых имеются серьезные основания считать, что их полная энергия является положительной ⁽⁴⁾.

в) Ожидаемое расширение эмиссионных туманностей и рассеяние материи как результат различия температур и давления в туманностях и в окружающих более холодных областях. Например, если принять, что движение происходит со скоростью звука, то туманность расширится за 10^6 лет на 20 пс.

г) Распад больших туманностей в результате эффекта дифференциального галактического вращения или действия поля тяготения звезд.

д) Перемешивание и рассеяние туманностей в результате их встреч. Последний аргумент выдвинул Оорт в отношении межзвездных облаков ⁽⁹⁾. Хотя еще неясно, каково взаимоотношение между облаками и эмиссионными туманностями, но этот аргумент, вероятно, сохраняет в значительной степени свое значение и в отношении эмиссионных туманностей.

е) Из других факторов, которые действуют в сторону распада туманностей и рассеяния материи, упомянем давление радиации.

В соответствии с фактором в) рассеяние туманностей должно быть особенно эффективным, когда температура высока ($T \sim 10^4$). Поэтому результат в значительной степени зависит от того, связана ли туманность с возбуждающей звездой генетически или случайно и временно. Имеются серьезные основания думать, что связь здесь вообще генетическая. Но если даже связь временная, то за время пребывания туманности в пределах зоны ионизации возбуждающих звезд туманность успеет в значительном числе случаев распасться прежде, чем сделаться невидимой.

Перечисленные выше аргументы приводят к заключению, что в действительности продолжительность жизни диффузной туманности, в особенности в эмиссионной стадии, невелика, порядка 10^7 лет или меньше.

Вывод об относительно небольшой продолжительности существования диффузных эмиссионных туманностей и об их распаде следует считать достаточно надежным. Не менее надежным как будто является вывод о богатстве всех или подавляющего числа спиральных галактик эмиссионными туманностями и о расположении последних вдоль спиральных ветвей на очень большом протяжении. Можно себе представить две возможности.

А. Мы наблюдаем нашу Галактику в какую-то ее особую стадию, когда образовались эти молодые и недолговечные объекты. Но такие эмиссионные образования обнаруживаются во всех спиральных галактиках, и в рамках гипотезы А надо допустить, что эта особенная стадия наступила сразу для всех галактик. Такое предположение представляется невероятным.

Б. Эмиссионные туманности возникают более или менее непрерывно, распадаются и рассеиваются. Если этот вывод о непрерывном образовании туманностей сопоставить с недавно выявленной тенденцией для эмиссионных туманностей встречаться группами, то надо сделать заключение, что туманности возникают группами, занимая иногда значительные области в пространстве ⁽⁴⁾. Такой вывод представляется вероятным. Отсюда вытекает несколько следствий, заслуживающих внимания. Исходя из возраста диффузных туманностей порядка 10^7 лет или меньше и средней пространственной скорости 10 км или более, мы найдем, что туманности образовались не очень далеко от того места в спиральных ветвях, где они находятся в настоящее время, вероятно на расстоянии не свыше чем несколько сот парсек. Но туманности встречаются вдоль спиральной ветви на очень большом протяжении, если даже не вдоль всей ветви, и, следовательно, надо считать, что туманности образовались и продолжают

образовываться сразу почти всюду вдоль спиральных ветвей. Во всяком случае очевидно неприемлемым является допущение, что туманности образовались, например в центральной области и отсюда уже распространились вдоль спиральных ветвей.

Из вывода о том, что продолжительность существования диффузных туманностей не менее чем на два порядка меньше возраста галактик, с одной стороны, а с другой, — о распаде и рассеянии эмиссионных туманностей за период порядка 10^7 лет, как будто следует, что за время существования галактик (порядка $3 \cdot 10^9$ лет) рассеялось громадное количество материи. Мы не можем оценить массу материи в эмиссионных туманностях в настоящее время, но если бы она составляла несколько процентов массы всех звезд, то вся масса рассеянной материи оказалась бы заметно превосходящей массу всех звезд. Если бы рассеяние было односторонним процессом, то мы пришли бы к результату, противоречащему известному выводу Оорта о том, что на долю газа и пыли не может приходиться свыше 50% всей массы галактики.

Мы являемся свидетелями пока только рассеяния эмиссионных туманностей. И во всяком случае, если нет полной компенсации, то в большей или меньшей степени можно ожидать в конце концов накопления нейтрального водорода, преимущественно вдоль спиральных ветвей. В связи с этим можно отметить, что при помощи радионаблюдений на длине волны 21 см недавно были обнаружены значительные массы нейтрального водорода почти сплошь в спиральных ветвях нашей Галактики. Но это еще не означает, что нейтральный водород есть не начальный, а конечный продукт.

Когда мы говорили об эмиссионных туманностях, то, очевидно, необходимо привлечь к рассмотрению еще горячие звезды O и B0 — условие для обнаружения и видимости туманностей в этих областях. При этом заслуживает внимания, что возраст эмиссионных туманностей и возраст очень горячих звезд O — B0, оцениваемый совершенно независимыми путями, повидимому, одного порядка, 10^7 лет. На основании имеющихся данных следует себе представить, что и эмиссионные туманности и горячие звезды возникают группами в разных местах спиральных ветвей более или менее непрерывно (возможно, даже из одного и того же источника) и дальше эволюционируют своими путями. Более ясен ближайший этап эволюции эмиссионных туманностей — их распад и рассеяние материи в виде нейтрального водорода. Но совсем неясно, как из рассеянного нейтрального газа могут постоянно образовываться звезды и более или менее компактные эмиссионные туманности, если вообще какой-то такой круговорот и осуществляется. Однако серьезных данных для такого заключения пока не имеется. Если это было бы действительно так, то холодные массы нейтрального газа надо было скорее рассматривать как начальное, а не как конечное состояние. Представляется очевидным, что взаимосвязь между нейтральным и ионизованным газом, горячими звездами и, возможно, еще и другим состоянием неизвестного характера является одним из узловых пунктов проблемы происхождения и эволюции туманностей и горячих звезд.

Поступило
14 V 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Baade, N. U. Mayall, Problems of Cosm. Aerodyn., 1951, p. 165.
² G. Haro, Astr. J., 55, 66 (1950). ³ L. H. Aller, Manuscript, Michigan, 1951.
⁴ Г. Шайн, ДАН, 93, № 6, 993 (1953). ⁵ N. U. Mayall, L. H. Aller, Publ. A. S. P., 51, 112 (1939). ⁶ C. K. Seyfert, Ap. J., 91, 528 (1940). ⁷ G. Courtis, C. R., 234, 506 (1952). ⁸ Г. А. Шайн, В. Ф. Газе, Изв. Крымск. астрофиз. obs., 8, 80 (1952); Астр. журн., 30, № 2 (1953). ⁹ J. H. Oort, Problems of Cosm Aerodyn., 1951.