АСТРОФИЗИКА

ТОМ 28 АПРЕЛЬ, 1988 ВЫПУСК 2

УДК: 524.7—327—323.4

ВРАЩЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ОБЛАСТЕЙ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК. II

В. Л. АФАНАСЬЕВ, А. Н. БУРЕНКОВ, А. В. ЗАСОВ, О. К. СИЛЬЧЕНКО

Поступила 28 сентября 1987
Принята к печати 20 декабря 1987

Приводятся результаты измерений лучевых скоростей газа в пределах нескольких килопарсек от центра для ряда спиральных галактик, по наблюдениям на БТА с цифровой регистрацией изображения. Рассматриваются галактики NGC 23, 157, 615, 1024, 1084, 1134, 1637 и 1964.

1. *Постановка задачи.* Кривые вращения спиральных галактик, измеренные по лучевым скоростям межзвездного газа, известны уже более чем для полутора сотен объектов. Обычно при анализе вращения галактики основное внимание уделяется поведению скорости $V(R)$ на больших R, где она отражает величину интегральной массы галактики и характер распределения вещества на периферии. Вращение внутренних областей диска радиусом несколько килопарсек изучено значительно хуже. Детальные кривые вращения или поля скоростей здесь получены лишь для немногих сравнительно близких галактик. Радионаблюдения в линии 21 см, как правило, не обладают достаточным угловым разрешением для того, чтобы проследить изменение скорости вращения в центральной области. Оптические измерения имеют свои трудности: эмиссионные линии, часто низкой интенсивности, приходится выделять на фоне яркого непрерывного спектра звездного населения, обладающего к тому же большим градиентом яркости вдоль радиуса.

Имеющиеся наблюдения показывают, что в пределах нескольких килопарсек от центра галактики скорость вращения растет с R, выходя на определенном расстоянии $R = R_m$ на сравнительно плоский участок или проходя через пологий максимум. Градиент $V(R)$ в области $R < R_m$ для галактик типов Sa—Sb систематически выше, чем для спиральных галактик более поздних типов [1, 2], что естественно связать с различным вкладом балджа в кривую вращения. В ряде случаев наблюдается важная особенность кривой: внутренний локальный максимум на радиусе 0.5—2 кпк

(M 31, M 81, NGC 801, 1421, 1620 и др.), различимый только при хорошем пространственном разрешении спектрограммы. Хотя относительная доля галактик, для которых известна такая особенность кривой вращения, невелика, это частично может быть связано с трудностями измерений $V(R)$ вблизи центра галактики, производимых фотографическими методами.

Исследование вращения внутренней области диска галактики играет важную роль в решении целого ряда проблем. Одна из важнейших — это возможность гидродинамической генерации спиральных волн плотности [3]. Конкретный механизм раскачки гидродинамической неджинсовской неустойчивости в газовом диске, подробно рассмотренный Морозовым [4] и проверенный в лабораторных экспериментах с вращающимся слоем мелкой воды [5, 6], требует наличия локального экстремума на кривой вращения $V(R)$, причем число спиральных ветвей определяется величиной перепада скорости вращения, нормированной на скорость звука в газе [5, 6]. Поэтому важен вопрос о частоте встречаемости галактик с такими особенностями на кривой вращения.

Самостоятельный интерес представляет изучение распределения массы во внутренней области галактики, где становятся сравнимыми влияния двух основных звездных компонентов — диска и балджа — на скорость вращения. Кривая вращения позволяет оценить концентрацию плотности к центру, а с использованием данных фотометрии — найти относительную массу балджа и диска.

Наконец, представляется важным изучение некруговых движений газа в околоядерной области. В нормальных галактиках, не обладающих ядром с высокой активностью, источником некруговых движений в области малых R могут быть очаги интенсивного звездообразования, «внутренние» спиральные ветви или отсутствие осевой симметрии в распределении гравитационного потенциала, связанное, например, с небольшим баром.

2. *Наблюдения.* В настоящей работе приводятся первые результаты спектральных наблюдений, проводившихся в 1985—1987 гг. на 6-метровом телескопе БТА АН СССР с панорамным счетчиком фотонов с цифровой обработкой изображения. Описание системы регистрации и ее характеристик приведено в [7]. Наблюдались внутренние ($R \lesssim 1'$) области спиральных галактик сравнительно большого углового размера (за отдельными исключениями $D_0 \gtrsim 3'$). Программа наблюдений включает галактики с хорошо развитой, упорядоченной спиральной или кольцевой структурой, в большинстве случаев не имеющие близко расположенных соседних галактик сравнимой светимости (для исключения сильных приливных воздействий на поле скоростей). Для трех галактик, наблюдавшихся по данной программе, кривые вращения были получены ранее [8] с регистрацией спектра на фотопленку с экрана ЭОП.

Журнал наблюдений объектов, исследовавшихся в настоящей работе, приведен в табл. 1.

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

№	Дата	Имя файла	Объект, NGC	Позиц. угол щели	Экспозиция, мин.	Масштаб, ″/кан.	Дисперсия, А/кан.	Изобр., сек. дуги
1	4/5.X.85	M01602	157	32°	107	0.42	1.2	2
2	6/7.X.85	M01805	23	160	75	0.42	1.3	3
3	6/7.X.85	M01808	23	130	45	0.42	1.3	3
4	6/7.X.85	M01811	23	4	60	0.42	1.3	3
5	6/7.X.85	M01814	1084	32	59	0.42	1.2	3
6	7/8.X.85	M01905	157	44	100	0.42	1.2	1.5
7	7/8.X.85	M01911	615	15	120	0.42	1.2	2
8	7/8.X.85	M01914	1084	4	110	0.42	1.2	2
9	31.III/1.IV.86	M02902	3810	17	42	0.50	2.7	2.5
10	31.III/1.IV.86	M02903	3810	54	50	0.50	2.7	2.5
11	1/2.IV.86	M03003	4100	163	49	0.50	1.4	2
12	1/2.IV.86	M03004	4536	92	41	0.50	1.4	2
13	5/6.IV.86	M03201	4814	90	102	0.50	1.4	1
14	8/9.X.86	M03602	7013	173	30	0.52	1.4	3
15	8/9.X.86	M03603	7013	142	30	0.52	1.4	3
16	9/10.X.86	M03703	615	71	20	0.52	1.4	3
17	9/10.X.86	M03704	615	16	20	0.52	1.4	3
18	10/11.X.86	M03801	6643	40	21	0.52	1.4	2
19	10/11.X.86	M03802	6643	53—63	20	0.52	1.4	2
20	11/12.X.86	M03904	1134	157	20	0.52	1.4	2
21	14/15.X.86	M04201	7331	170	30	0.52	1.4	1.5
22	14/15.X.86	M04202	7331	170	30	0.52	1.4	1.5
23	28/29.X.86	M04501	6643	12	30	0.52	1.4	2
24	28/29.X.86	M04502	6643	103	30	0.52	1.4	2
25	28/29.X.86	M04503	6643	100	25	0.52	1.4	2
26	29/30.X.86	M04601	UGC 11973	50	13	0.52	1.4	3
27	29/30.X.86	M04605	1024	158	60	0.52	1.4	3
28	31.X/1.XI.86	M04801	1024	156	60	0.52	1.4	3
29	22/23.I.87	M05002	1637	33	30	0.36	1.4	3.5
30	22/23.I.87	M05003	1964	39	25	0.36	1.4	3.5
31	31.I/1.II.87	M05202	1637	166	20	0.36	1.4	3
32	31.I/1.II.87	M05203	1637	31	25	0.36	1.4	3

Измеренное распределение лучевой скорости $V_r(R)$ вдоль щели при различных позиционных углах показано на рис. 1 и 2. На рис. 3 приведены

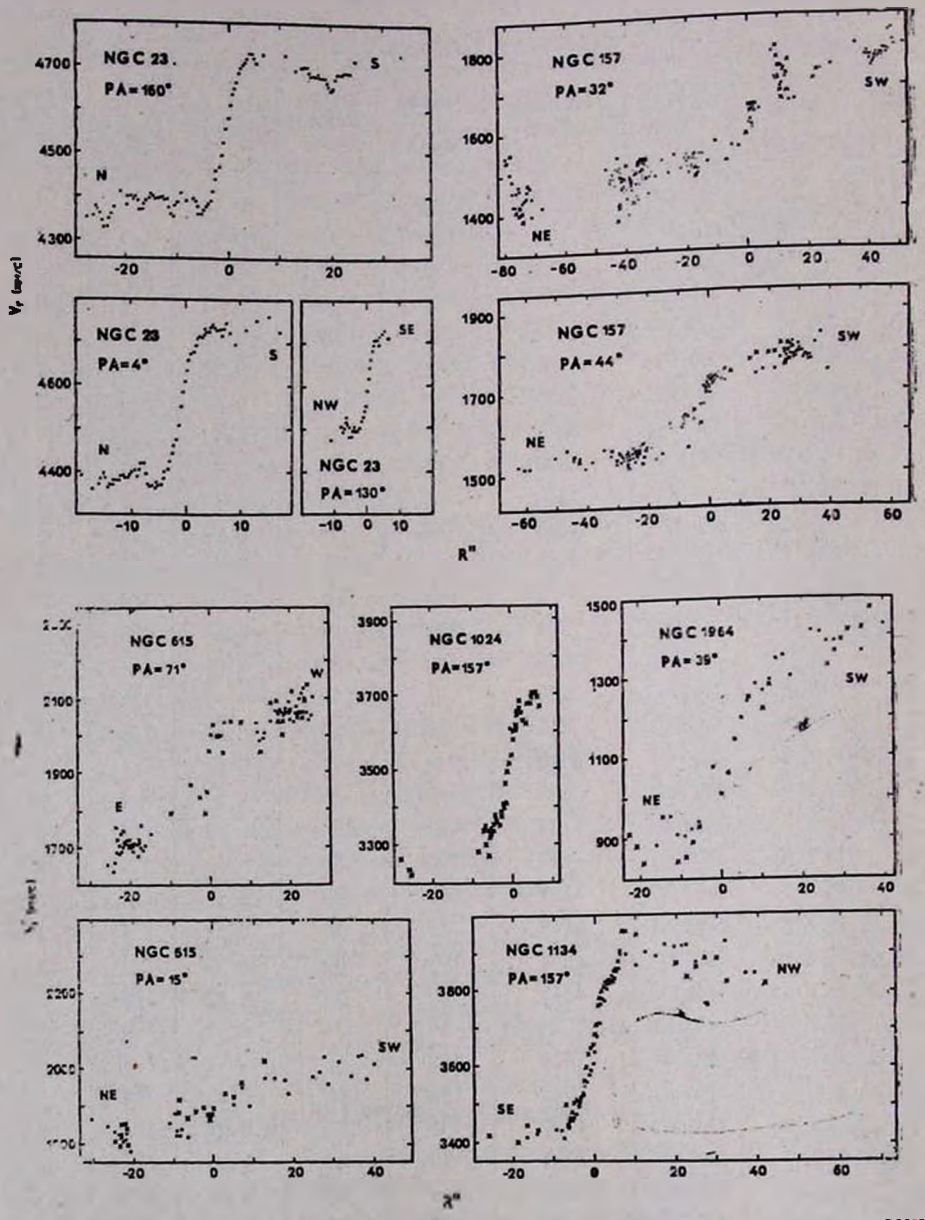

Рис. 1. Распределение лучевых скоростей газа вдоль щели для галактик программы в разных позиционных углах. Различными значками обозначены измерения эмиссионных линий: точки — H_α, крестики — [N II] λ 6584, кружки — [S II] λ 6717/6731.

кривые $V(R)$, вычисленные по стандартным формулам для получения скорости вращения с учетом факторов проекции в предположении кругового движения газа.

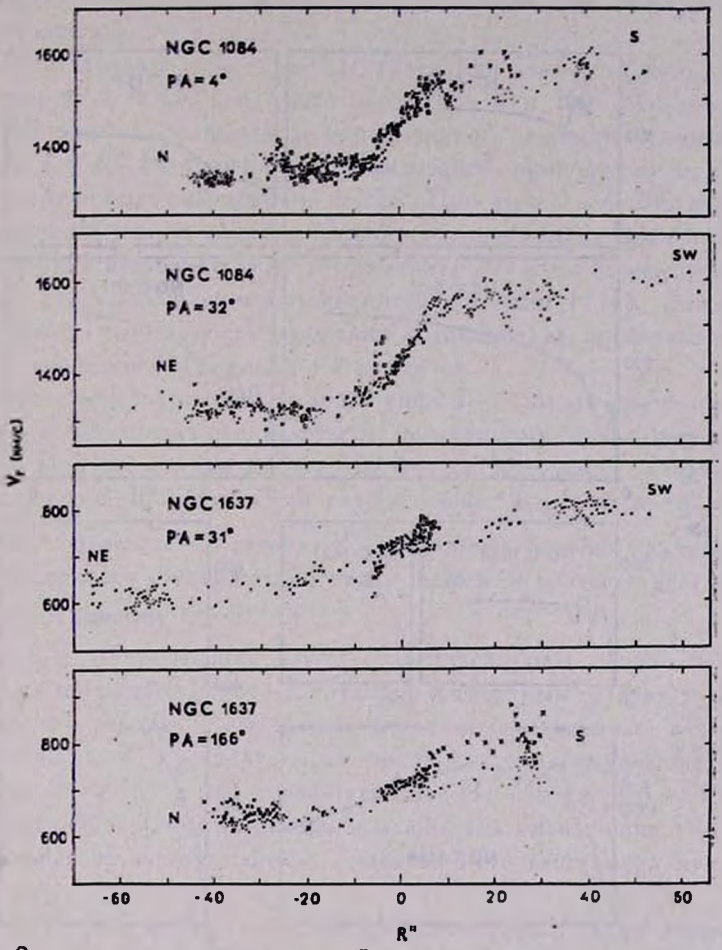

Рис. 2. Распределение лучевых скоростей газа вдоль щели для галактик программы в разных позиционных углах. Обозначения те же, что и на рис. 1.

3. *Анализ данных.* Кривые вращения получены по эмиссионным линиям H_α, [N II] и [S II] в области спектра 6300—6900 А. Точность измерения скорости различна для различных объектов. Случайная ошибка не больше дисперсии точек на рис. 1 и 2. В большинстве случаев точность локальной оценки V_r составляет 10—30 км/с. Отсутствие систематических ошибок в определении лучевых скоростей контролировалось по измерениям линий неба [O I] 6300 А и [OH] 6864 А. Пространственный масштаб вдоль щели составлял 0."36—0."52 на канал; за ноль на оси абсцисс на

рис. 1 и 2 обозначен «фотометрический центр» галактики (строка с максимальным количеством накопленных фотонов). Детально процедура получения кривых вращения галактик с панорамным цифровым приемником БТА описана в [7].

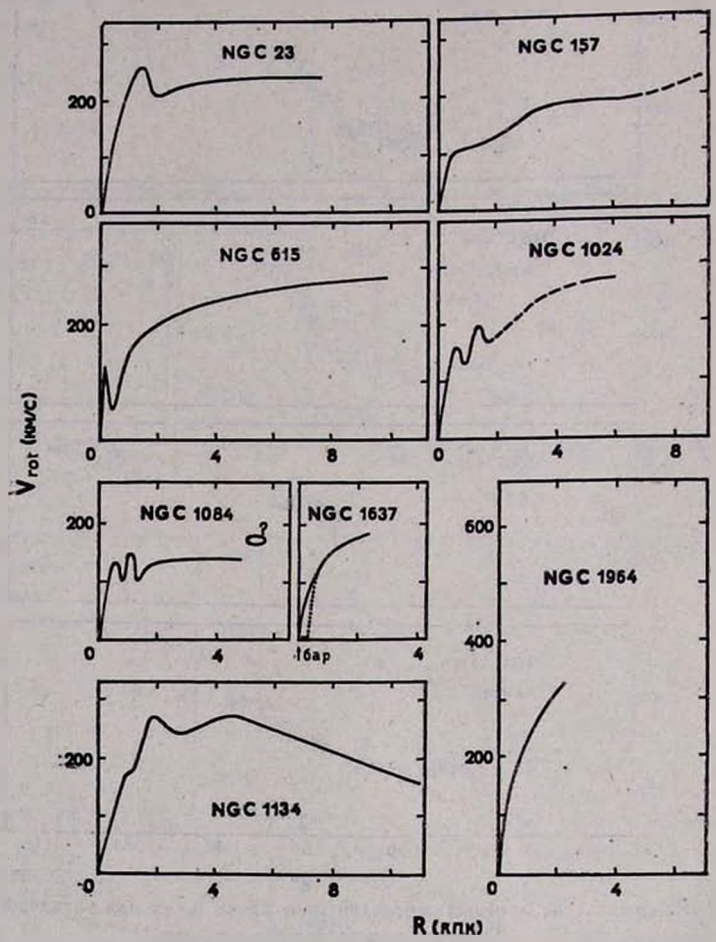

Рис. 3. Кривые вращения, приведенные к плоскости галактик в предположении круговых движений газа. Штрихованная линия обозначает участки, где эмиссионные линии были слабы и измерения неуверенны; точечный пунктир отмечает расхождения между двумя половинами галактики или между разными разрезами.

Перейдем теперь к комментариям результатов, полученных для отдельных галактик.

NGC 23. Эта галактика характеризуется интенсивным звездообразованием, благодаря которому она попала в список галактик Маркаряна (Марк 545). Во внутренней части радиусом около 30″ галактика обладает

четко выраженной двухрукавной спиральной структурой. Во внешнюю область простирается слабое продолжение одной из ветвей. В RC2 [9] галактика отнесена к типу SB, хотя на крупномасштабной фотографии в атласе Хаббла [10] явно выраженного бара нет, и Сэндидж относит ее к типу Sb без перемычки.

Были получены три спектра галактики через яркую звезду на юго-востоке ($PA = 130°$), а также при $PA = 4°$ и 160°. Наилучшее совпадение трех кривых по форме и максимальной скорости вращения достигается при $i = 48°$ (что совпадает со значением, приводимым в [11]) и позиционном угле большой оси $PA_0 = 172°$. При этом $V_m = 240$ км/с (вплоть до расстояния 8 кпк от центра). Оценка V_m при том же значении i по ширине линии H I несколько ниже и составляет 204 км/с (здесь и далее оценка V_m по радионаблюдениям приводится согласно [11]). Это позволяет предположить, что скорость вращения галактики за пределами области с определенной кривой вращения уменьшается.

На всех спектрограммах на расстоянии 5—6″ от центра с обеих сторон кривая проходит локальный максимум, по-видимому, связанный с балджем галактики. При расстоянии до NGC 23 $\Delta = 64$ Мпк масса галактики в этих пределах равна $2 \cdot 10^{10} M_\odot$. Если распределение вещества в сфероидальном компоненте соответствует закону $R^{1/4}$, которому обычно подчиняется распределение яркости в балджах, то этому значению соответствует интегральная масса компонента $1.6 \cdot 10^{11} M_\odot$.

При $R \gtrsim 10''$ поведение $V_r(R)$ становится более сложным, и отдельные детали на кривых, соответствующих различным разрезам, перестают совпадать, что говорит о локальных некруговых движениях газа. Разрезы по $PA = 160°$ и 4° проходят через яркие участки спиральных ветвей на расстоянии $R \approx 18''$ и 12″ соответственно. На разрезе $PA = 160°$ в этих областях по обе стороны от центра наблюдается уменьшение V_{rot}. Возможно, спиральная ветвь тормозит газ, уменьшая его тангенциальную скорость на ~ 30 км/с.

NGC 157. Это яркая галактика 11-й величины с двумя хорошо развитыми спиральными ветвями, не связанными ни с баром (на фотографии бар не заметен), ни с близкими спутниками, которых тоже на снимках нет. Кривая вращения галактики была получена в работах Бербидж и др. [12] и Засова и Кязумова [13]. Согласно этим работам, она характеризуется необычно протяженным участком твердотельного вращения.

На БТА было получено два разреза галактики (см. табл. 1). От кривых вращения, полученных по предыдущим работам, построенная нами кривая отличается лучшим пространственным разрешением. Вращение внутренней области заметно отличается от твердотельного; область роста $V(R)$ простирается до 30″, что несколько меньше, чем по [13], однако

оценки максимальной скорости вращения согласуются. К сожалению, плохое качество одной из спектрограмм ($PA = 32°$) не позволяет оценить положение динамической большой оси галактики. Встречающиеся в литературе значения $PA_0 = 25°—36°$ не противоречат нашим данным. Для этих значений PA_0 скорость вращения $V_m = 210—240$ км/с.

Важной особенностью кривой $V_r(R)$, возможно имеющей прямое отношение к поддержанию спиральных волн плотности в галактике, является «избыточное» значение скорости V_r в области $R \lesssim 6''$ к югу от ядра. Возможно существование локального максимума. По-видимому, как и в ряде других галактик (см. ниже), здесь мы наблюдаем быстро вращающееся ядро, заметное лишь при хорошем угловом разрешении спектрограмм. При расстоянии до галактики 23 Мпк радиус $6''$ соответствует ~ 0.5 кпк. Примерно на таком же расстоянии наблюдается внутренний максимум кривой вращения у нашей Галактики, M 31 и некоторых других галактик с двугорбой кривой вращения. В случае NGC 157, однако, скорость вращения на этом расстоянии значительно меньше, чем V_m (~ 110 км/с).

NGC 615. Это спиральная галактика типа Sb с интересной структурой. Внутренняя область («линза») диаметром около $50''$ выделяется высокой яркостью и имеет удивительно резкую границу, образуя своего рода «диск в диске» со своими спиральными ветвями. Во внешней области диска — две неяркие и очень длинные спиральные ветви правильной формы, которые прослеживаются, согласно [10], почти на целый оборот.

Зависимость $V_r(R)$ была получена при двух положениях щели, отличающихся на 56°. Соотношение интенсивностей эмиссионных линий заметно меняется вдоль щели: в центре галактики видны только линии [N II], а H_α появляется лишь на краю линзы, на расстоянии $\sim 20''$ от центра. По форме кривая $V(R)$ подобна кривой для NGC 157: прямолинейный участок твердотельного вращения (в пределах линзы), выходящий на плато, и локальные максимумы на кривой по обе стороны от центра (возможная природа этих деталей будет рассмотрена в заключительной части).

NGC 1024. Данная галактика 14-й величины обладает двумя протяженными и симметричными спиральными ветвями редко встречающейся правильной формы. По-видимому, эта «нетипичность» (плюс небольшие искажения во внешней части одной из ветвей) и привела к тому, что Арп. [14] включил ее в свой Атлас пекулярных галактик (Арп 333). Галактика не относится к числу взаимодействующих.

Как и NGC 615, эта галактика обладает внутренней выделяющейся по яркости линзой, диаметр которой составляет около $1.'3$, и так же, как у NGC 615, в пределах линзы в эмиссии преобладает азот.

Вращение галактики — вплоть до самых внешних ее областей — исследовалось в работе Рубин и др. [15].

На БТА были получены две спектрограммы — обе вдоль большой оси галактики. Кривые вращения по обеим спектрограммам согласуются между собой с точностью до нескольких км/с. Изменение скорости прослеживается на коротком участке $\pm 7''$ по обе стороны от ядра, где $V(R)$ возрастает на 200—220 км/с (при $i = 68°$), чему соответствует градиент скорости вращения в центральной области ~ 270 км/с · кпк. При $R > 7''$ эмиссионные линии слабые, и кривая лучевых скоростей не определяется. Однако они вновь становятся заметными на краю линзы галактики, где по обеим спектрограммам $V_r = 3230$ км/с, чему соответствует скорость вращения ~ 290 км/с. Следовательно, в отличие от NGC 615, линза галактики вращается не твердотельно. Масса галактики в пределах линзы составляет $\sim 10^{11}\ M_\odot$. Таким образом, особенностью этой галактики является плотная и массивная внутренняя область диска радиусом несколько килопарсек.

Полученная кривая вращения близка к измеренной в работе [15], хотя на краю линзы оценка V_{rot} по нашим измерениям выше почти на 30 км/с.

NGC 1084. Это галактика с двумя хорошо развитыми спиральными ветвями, по внешнему виду она похожа на NGC 157. На северо-восточной стороне галактики наблюдается несколько «отростов», отходящих от спиральных ветвей под большим углом и содержащих области звездообразования. Максимальная скорость вращения галактики составляет, согласно работам [16, 17], $V_m = 130$—140 км/с, однако данные о форме кривой очень неуверенные.

На БТА было получено два спектральных разреза галактики. Кривые лучевых скоростей согласуются с картиной кругового движения газа с локальными отклонениями от круговой скорости (уменьшением V_{rot}) в областях пересечения щели со спиральными ветвями на 20—40 км/с. Скорость вращения выходит на «плато» на расстоянии 10—15″ от центра. На расстоянии 5″ или ~ 0.5 кпк от центра по обе стороны от ядра значения V_{rot}, измеренные по запрещенным линиям [N II] и [S II] и по линии H_α, заметно различаются на обоих разрезах: первые оказываются более низкими. Если эта аномалия не связана с ошибками определения V_r по более слабым линиям, она говорит о сложном характере движения газа на данном R. Можно предложить интерпретацию более низкой скорости вращения по запрещенным линиям, связанную с усилением свечения в этих линиях на фронте ударной волны, вызванной, например, наличием небольшого, трудно различимого бара в центре галактики.

На $R \approx 11.''5$, возможно, существует еще один локальный максимум на кривой вращения — картина, подобная NGC 1024.

Разрез $PA = 4°$ пересекает на периферии галактики ($R = 4$—5 кпк) необычную структурную деталь — вытянутое клинообразное уярчение, которое выглядит независимым от основных спиральных ветвей. В этом месте

лучевая скорость газа относительно центра галактики на $\sim$ 30 км/с выше, чем скорость, соответствующая «плато» на кривой вращения. Эта эмиссионная область, таким образом, оказывается динамически выделенной.

NGC 1134. Как и NGC 1024, эта галактика входит в атлас Арпа, не являясь явно взаимодействующей системой. Ее пекулярность заключается в том, что спиральные рукава, как и хорошо очерченная внутренняя область галактики (балдж?), испещрены многочисленными прожилками, придающими галактике «взлохмаченный» вид.

На БТА была получена одна спектрограмма галактики при $PA = 157°$, что всего на 9° отличается от ориентации большой оси согласно [18]. Кривая прослеживается на 43″ к северу и 25″ к югу от ядра и не доходит до пересечения со спиральными ветвями. Крутая, почти твердотельная часть кривой вращения простирается до $\sim$ 7″ (1.7 кпк). Градиент скорости вдоль большой оси составляет $\sim$ 180 км/с·кпк, что говорит о высокой концентрации плотности к центру галактики. Масса, заключенная в пределах 7″, составляет $\sim 3 \cdot 10^{10} M_\odot$.

В запрещенных линиях на $R = 4''$ заметна «ступенька» в скорости V_r. В целом, форма кривой отражает распределение плотности в балдже галактики. Если считать, что максимум круговой скорости приходится на $R \approx 7''$, то грубая оценка интегральной массы балджа, плотность которого меняется в соответствии с законом Вокулера, приводит к величине $2 \cdot 10^{11} M_\odot$. Полная масса галактики, к сожалению, остается неизвестной, поскольку нет измерения скоростей вращения на больших R.

NGC 1637. Это сравнительно близкая к нам галактика с интегральной величиной $11^m.6$ типа SABc невысокой светимости и массы: скорость вращения, определенная по ширине линии H I, составляет всего 158 км/с при $i = 30°$ [11]. Во внешней области галактики доминирует по яркости одна спиральная ветвь, поэтому галактика в целом выглядит асимметричной. В радиусе 1° нет других галактик ярче 15^m.

На БТА были получены две кривые лучевых скоростей: для разреза $PA = 31°$, близкого к большой оси (две спектрограммы), и $PA = 166°$. Из-за небольшого угла наклона i получить точное значение скорости вращения трудно: эмиссионная линия H_α в спектре галактики временами накладывается на линию неба, и дисперсия точек на рис. 1 и 2 для NGC 1637 составляет $\sim$ 30% от максимальной скорости вращения V_m.

На кривой, полученной при положении щели вдоль большой оси галактики, V_{rot} растет по крайней мере в пределах $\pm 25''$. Полный диапазон изменения V_r в пределах $\pm 40''$ составляет $\sim$ 175 км/с, что при $i = 30°$ соответствует скорости вращения $V_m = 175$ км/с. Скорость вращения, определенная по второму разрезу, дает в том же диапазоне радиусов $\sim$ 185 км/с в хорошем согласии с первым разрезом. На больших R ско-

рость V_{rot}, по-видимому, перестает расти, в противном случае оценка V_m сильно разошлась бы с полученной по ширине линии H I (160 км/с [11]).

Галактика обладает экспоненциальным диском со шкалой $\alpha^{-1} = 39''$ [19]. Ожидаемый максимум на кривой вращения для диска с такой шкалой должен находиться на $R_m \approx 84''$ (≈ 3.2 кпк). Наблюдаемая форма кривой не противоречит этой картине. При максимальной скорости вращения 160—190 км/с в рамках модели экспоненциального диска масса галактики составляет $1.9 \div 2.7 \cdot 10^{10}\ M_\odot$. Соответствующее отношение массы к светимости $M/L \approx 5 \div 7$.

Обращает на себя внимание то, что в центре галактики в пределах $\pm 5''$ вдоль большой оси градиент V_{rot}, определенный по H_α, заметно уменьшается. Такая особенность кривой лучевых скоростей наблюдается в SB-галактиках при положении щели вдоль перемычки и объясняется искажением поля скоростей газа при неосимметричном распределении масс (см., например, [20]). По-видимому, поле скоростей газа в центральной области NGC 1637 возмущено небольшим звездным баром длиной порядка сотни парсек, поэтому градиент V_{rot} в центре галактики можно определять только по разрезу $PA = 166°$, который проходит почти перпендикулярно бару.

NGC 1964. Эта южная галактика ($\delta = -22°$) типа Sb имеет хорошо развитую симметричную двухрукавную структуру. В ее окрестности нет галактик сопоставимой яркости.

На БТА была получена одна спектрограмма при положении щели примерно вдоль большой оси галактики. Кривая вращения простирается на $40''$ от центра и симметрична относительно $V_c = 1120$ км/с. Полученная оценка скорости ядра сильно (почти на 600 км/с) отличается от оценки, приведенной в каталоге RC2 [9].

Оптический радиус галактики R_0 составляет по RC2 примерно $165''$. Для галактик с экспоненциальным диском нормальной поверхностной яркости шкала диска $\alpha^{-1} \approx 0.3\ R_0$, чему соответствует ожидаемое значение $R_m \approx 100''$ для максимума дисковой составляющей кривой вращения. Наблюдаемая кривая вращения замедляет свой рост значительно раньше. Для ее интерпретации требуется, помимо диска, более концентрированный к центру компонент — балдж галактики, гравитационное поле которого контролирует вращение в области роста $V(R)$.

Описание остальных наблюдавшихся галактик и обсуждение результатов будут даны в следующей статье.

Авторы благодарят О. М. Неизвестную, А. И. Шаповалову, В. П. Михайлова за помощь в наблюдениях.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР
Государственный астрономический
институт им. П. К. Штернберга

THE ROTATION OF INNER PARTS OF SPIRAL GALAXIES. II.

V. L. AFANASIEV, A. N. BURENKOV, A. V. ZASOV, O. K. SIL'CHENKO

The results of gas radial velocity measurements are presented for the inner regions (some kiloparsecs diameters) of spiral galaxies. Observations were carried out with the 6-meter telescope using a new digital image detector. The results for NGC 23, 157, 615, 1024, 1084, 1134, 1637, and 1964 are considered.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. В. Засов, Г. А. Кязумов*, Астрон. ж., 60, 656, 1983.
2. *G. C. Baiesi-Pillastrini*, Astron. and Astrophys., 172, 375, 1987.
3. *А. М. Фридман*, Успехи физ. наук, 125, 352, 1978.
4. *А. Г. Морозов*, Астрон. ж., 56, 498, 1979.
5. *А. Г. Морозов, М. В. Незлин, Е. Н. Снежкин, А. М. Фридман*, Успехи физ. наук, 145, 160, 1985.
6. *A. M. Fridman, A. G. Morozov, M. V. Nezlin, I. I. Pasha, V. L. Polyachenco, A. Yu. Rylov, E. N. Snezhkin, Yu. N. Torgashin, A. S. Trubnikov*, in "Observational Evidence of Activity in Galaxies", IAU Symp. N 121, eds. E. Ye. Khachikian et al., Dordrecht, 1987.
7. *М. С. Аляви́н, В. Л. Афанасьев, А. Б. Берлин, А. Н. Буренков, О. О. Завадская*, Сообщ. САО АН СССР (в печати), 1988.
8. *А. В. Засов, О. К. Сильченко*, Письма в Астрон. ж., 13, 455, 1987 (статья I).
9. *G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. G. Corwin*, Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Austin/London, 1976.
10. *A. Sandage*, The Hubble Atlas of Galaxies, Washington, 1961.
11. *L. Bottinelli, L. Gouguenheim, G. Paturel, G. de Vaucouleurs*, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 56, 381, 1984.
12. *E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, K. H. Prendergast*, Astrophys. J., 134, 874, 1961.
13. *А. В. Засов, Г. А. Кязумов*, Письма в Астрон. ж., 7, 131, 1981.
14. *H. C. Arp*, Atlas of Peculiar Galaxies, Pasadena, 1966.
15. *V. C. Rubin, D. Burstein, W. K. Ford, N. Thonnard*, Astrophys. J., 289, 81, 1985.
16. *Г. А. Кязумов*, Письма в Астрон. ж., 7, 272, 1981.
17. *E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, K. H. Prendergast*, Astrophys. J., 137, 376, 1963.
18. *P. Nilson*, Uppsala General Catalogue of Galaxies, Uppsala, 1973.
19. *P. Grosbol*, Astron. and Astrophys Suppl. Ser., 60, 261, 1985.
20. *M. F. Duval, G. Monnet*, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 61, 141, 1985.