

УДК: 524.7—327

ВРАЩЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ОБЛАСТЕЙ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК. III

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

Поступила 28 сентября 1987

Принята к печати 1 декабря 1987

Приводятся результаты измерений лучевых скоростей газа в пределах нескольких килопарсек от центра для ряда спиральных галактик: NGC 3810, 4100, 4536, 4814, 6643, 7013, 7331 и UGC 11973 по наблюдениям на БТА с цифровой регистрацией изображения. Приведенные данные, вместе с результатами, полученными ранее, показывают, что в большинстве случаев кривые вращения $V(R)$ обладают характерными особенностями: вблизи ядра наблюдается область высокого градиента $V(R)$, за которой следует локальный максимум или ступенька на кривой вращения. Обсуждается возможная интерпретация этих деталей.

Настоящая работа продолжает описание результатов спектральных измерений на БТА лучевых скоростей газа (по эмиссионным линиям) во внутренних областях спиральных галактик, начатое в работе [1]. Описание системы регистрации сигнала и процедура получения кривых вращения с использованием цифрового панорамного приемника даны в [2]. Журнал наблюдений приведен в [1].

Во второй части мы обсуждаем результаты наблюдений галактик NGC 3810, 4100, 4536, 4814, 6643, 7013, 7331 и UGC 11973. Кривые лучевых скоростей этих галактик с указанием позиционного угла щели и полученные по ним кривые вращения показаны на рис. 1—3 и 4 соответственно.

Ниже даны комментарии к отдельным галактикам.

NGC 3810. Это спиральная галактика типа Sc с тремя-четырьмя очень клочковатыми ветвями. На БТА получены две спектрограммы: при $PA = 17^\circ$ (почти вдоль большой оси) и $PA = 54^\circ$ с дисперсией 100 А/мм. Эмиссионные линии в галактике слабые, и область роста $V(R)$ плохо прослеживается. Кривая вращения построена до $R \approx 80''$ вдоль большой оси в северо-восточном направлении и на примерно вдвое меньшее расстояние с противоположной стороны. Низкая скорость вращения и большая дисперсия то-

чек (± 25 км/с) не позволяют получить детальную форму кривой. Можно, однако, сделать вывод, что $V(R)$ растет до $R \approx 15''$, а в интервале $25'' < R < 80''$ скорость вращения остается постоянной на уровне 120 ± 25 км/с (при $i = 45^\circ$).

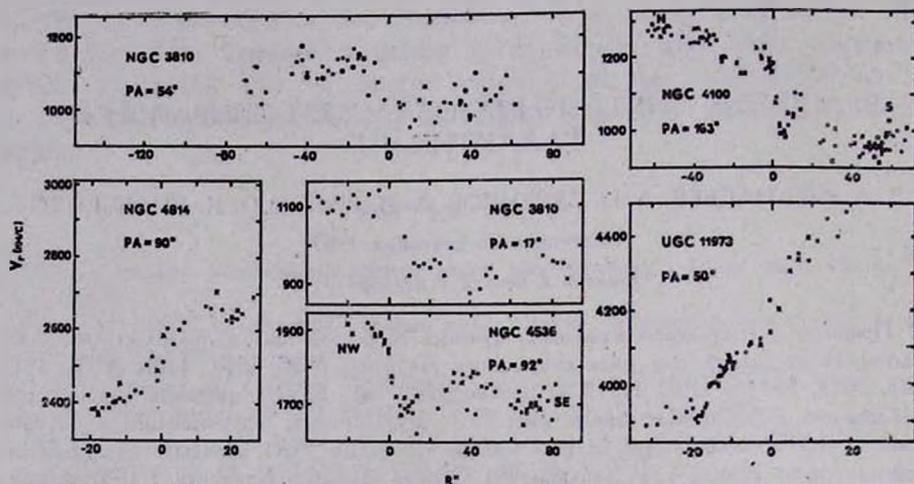


Рис. 1. Распределение лучевых скоростей вдоль щели для галактик программы в разных позиционных углах. Различными значками обозначены измерения эмиссионных линий: точки H_α , крестики — $[N II] \lambda 6584$, кружки — $[S II] \lambda 6717/6731$.

По измерениям Гросбол [3] шкала диска этой галактики составляет 29.5 . Плоский участок кривой не совместим с моделью тонкого диска с такой шкалой. Скорость вращения в области роста $V(R)$, по-видимому, определяется балджем, несмотря на поздний морфологический тип галактики. Масса галактики в пределах $R = 80'' = 4.5$ кпк составляет $1.5 \cdot 10^{10} M_\odot$, а отношение массы к светимости (в предположении, что светимость галактики обусловлена экспоненциальным диском) $M/L = 2.3$.

NGC 4100. Это одиночная галактика типа Sbc с двумя хорошо развитыми, симметрично расположенными спиральными ветвями. Поверхностная фотометрия была проведена Ватанабе [4]. В области $R = 20'' \div 50''$ яркость галактики остается примерно на одном уровне. Излучение балджа, дающее резкий подъем яркости, преобладает в области $R \leq 15''$.

На БТА получена одна спектрограмма вдоль большой оси галактики. Кривая прослеживается на $\pm 65''$ от ядра. Скорость вращения растет почти твердотельно до $R \approx 40''$, достигая 170 км/с на расстоянии $1'$ от ядра. Отличительной особенностью кривой лучевых скоростей является наличие двух узких максимумов, симметрично расположенных относительно ядра, расстояние между которыми $\sim 10''$. Градиент скорости между ними со-

ставляет ~ 300 км/с клк при расстоянии $\Delta = 15$ Мпк. Радиус R_{m1} , на котором располагается максимум, равен ~ 400 пк. В этих пределах заключена масса $1.3 \cdot 10^9 M_{\odot}$. По-видимому, она относится к необычно плотному ядру галактики, или центральной части балджа, распределение плотности которого не удовлетворяет «стандартному» закону Вокулера для распределения яркости.

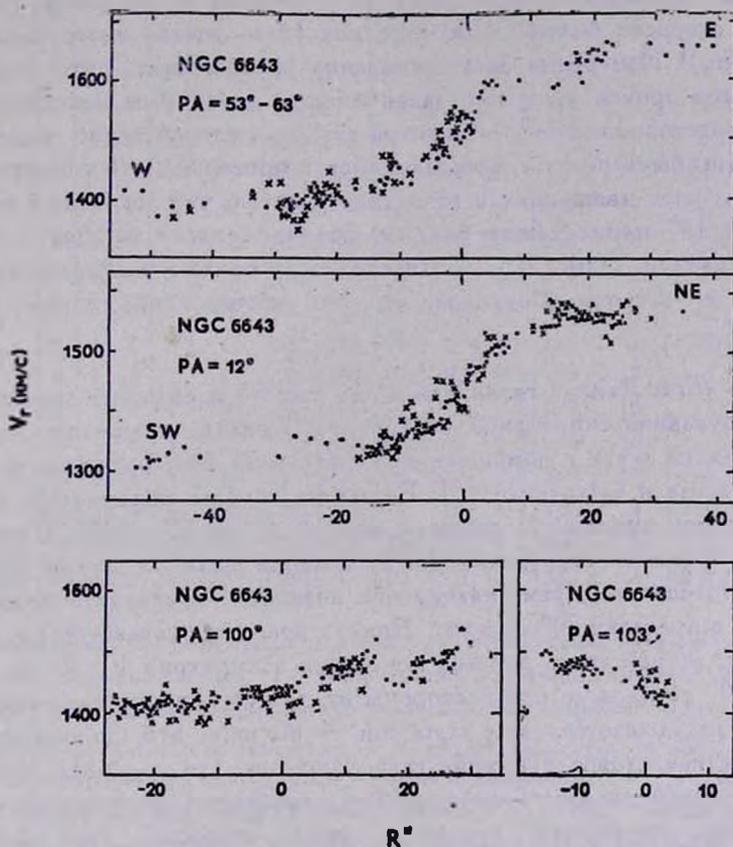


Рис. 2. Распределение лучевых скоростей вдоль щели для галактик программы в разных позиционных углах. Обозначения те же, что и на рис. 1.

NGC 4536. Галактика принадлежит скоплению в Деве. На расстоянии 2.5 радиусов от нее находится *NGC 4533*, образующая с ней пару. На фотографии обращают внимание две длинные тонкие ветви, далеко уходящие от ядра. Во внутренней области наблюдаются короткие, яркие и сильно закрученные спирали. Положение большой оси галактики определяется неуверенно из-за сложной формы сильно раскрытых внешних спиралей.

Здесь мы примем оценку $PA_0 = 130^\circ$, основанную на фотометрии галактики [5].

Спектр внутренней области галактики был получен при положении щели под углом примерно 40° к большой оси. На спектрограмме хорошо прослеживается область твердотельного вращения $\pm 10''$ от центра, где скорость вращения растет от 0 до 270 км/с, чему соответствует градиент ~ 220 км/с кпк (при $\Delta = 13$ Мпк). А в пределах $2''$ от центра галактики градиент скорости больше 1200 км/с кпк (без учета инструментального разрешения)! Измерения дают основание предположить, что твердотельный участок кривой вращения заканчивается локальным максимумом кривой. На расстоянии $\sim 40''$ от центра скорость относительно падает почти до нуля (необычный факт, нуждающийся в проверке), что говорит о сильных некруговых движениях в галактике. Считая, что локальный максимум на $R_{m1} \approx 19''$ принадлежит балджу, получаем массу балджа в пределах $R = 19''$, равную $2 \cdot 10^{10} M_\odot$. Если плотность балджа распределена в соответствии с законом Вокулера, то его интегральная масса составит $\sim 10^{11} M_\odot$.

NGC 4814. Данная галактика имеет тип Sb и обладает хорошо развитой двухрукавной спиральной структурой. Кривая вращения галактики, полученная на БТА с помощью ЭОП по одной спектрограмме, описана в работе Засова и Сильченко [6]. Ее форма хорошо описывается в рамках модели экспоненциального диска со шкалой $\alpha^{-1} = 12'' \div 15''$. В настоящей работе получена спектрограмма при положении щели под углом 20° к большой оси. Небольшое время накопления позволило проследить форму линии H_α лишь в пределах $20''$ от ядра. Кривая вращения согласуется с полученной ранее; на ней четко заметна локальная асимметрия $V_r(R)$ на расстоянии $\sim 20''$ от ядра: с одной стороны от центра на плавное возрастание $V(R)$ «накладывается» яма глубиной ~ 80 км/с, что, по-видимому, указывает на некрутовое движение газа. Заметим, что подобная особенность кривой лучевых скоростей наблюдается у галактик с перемычкой, где в области бара происходит искажение поля скоростей газа (пример — NGC 3359 [7]).

NGC 6643. Это изолированная галактика типа Sc, имеющая многорукавную структуру. Вращение галактики измерялось ранее в работах Хюни др. [8] и Кязумова [9]. При сходстве оценок максимальной скорости вращения $V_m \approx 200$ км/с, эти авторы дают различную форму кривой: по сравнению со второй работой, положение максимума $V(R)$ по первой работе вдвое ближе к центру. Наблюдения на БТА показывают, что кривая вращения галактики имеет сложную форму, детали которой можно проследить лишь при большом масштабе изображения. Нами были получены

5 спектральных разрезов при четырех значениях позиционных углов щели (см. табл. 1).

Таблица 1

NGC	Тип по RC2	B_T	n	PA_0	i	V_c^0 , км/с	Δ , Мпк	R_0 , кпк	R_L , кпк	V_{max} , км/с	M_L , $10^{10} M_\odot$	R_p , кпк	Примечания
23	1	12.8	3	172	48	4775	64	22	8	265	10	1.4	1, 3
157	4	11.0	2	20—36	48	1760	23.5	14	9	235	11	0.5	3, 5
615	3	12.3	3	66	66	1955	26	13	10	300	20	0.1	1, 3, 5
1024	2	14	2	155	68	3585	48	28	6	285	11	0.6, 1.4	1, 5
1084	5	11.2	2	33.5	57	1410	19	7	5	140	2	0.5, 1.0	1, 3, 5
1134	1?	13.2	1	148	72	3740	50	—	11.5	285	8	1.9	1, 6
1637	5	11.6	3	31	30	594	8	4	2.6	190	2	—	3, 4
1964	3	11.5	1	39	68	915	12	10	2.4	355	7	—	—
3810	5	11.2	2	24	45	870	11.5	7	4.5	130	2	—	3, 4
4100	4	11.6	1	163	70	1160	15.5	10	5.0	165	3	0.4	1, 3, 5
4536	4	11.0	1	130	64	1670	13	12	7.6	270	10	1.2	3, 4, 5
4814	3	12.8	1	109	42	2655	35.5	17	4.3	280	6	—	2
6643	5	11.8	5	39	68	1720	23	12	8.4	200	7	0.4, 1.4	3, 5
7013	0	12.8	2	155	73	1065	14	10	4.2	200	4	0.3	1, 3, 5
7331	4	10.3	2	170	70	1125	15	21	6	260	9	0.2, 3.5	1, 5
UGC 11973	4	13.5	1	50	76	4500	60	28	10	335	24	0.9, 6.2	5

Обозначения. B_T — звездная величина, n — число снятых спектрограмм, PA_0 — позиционный угол большой оси, i — угол наклона плоскости галактики к картинной плоскости, V_c^0 — лучевая скорость центра галактики, исправленная за движение Земли и Солнца, Δ — расстояние до галактики, R_0 — радиус галактики до изофоты $25^m/\square''$, R_L — предельный радиус, достигнутый в наших наблюдениях. V_{max} — максимальная скорость вращения, полученная в наших наблюдениях, M_L — масса галактики в пределах R_L . R_p — расстояния до локальных максимумов скорости вращения. В последней колонке: 1 — наличие локальных максимумов по обе стороны от центра; 2 — кривая лучевых скоростей обладает заметной асимметрией; 3 — кривая лучевых скоростей в пределах R_L выходит на плато; 4 — большая дисперсия точек, измерения скорости вращения ненадежны; 5 — в пределах нескольких секунд от центра выделяется область с большим градиентом лучевой скорости; 6 — на периферии скорость вращения падает.

Детального совпадения кривых вращения, построенных по отдельным разрезам, для центральной части галактики добиться нельзя, что говорит о существовании некруговых движений, охватывающих масштабы в сотни парсек. Оптимальное согласие кривых во внешних областях отвечает сле-

дующим параметрам: $i = 68^\circ$, $PA_0 = 39^\circ$, $V_m = 200$ км/с. Отношение осей галактики соответствует наклону $i = 59^\circ$ согласно [10].

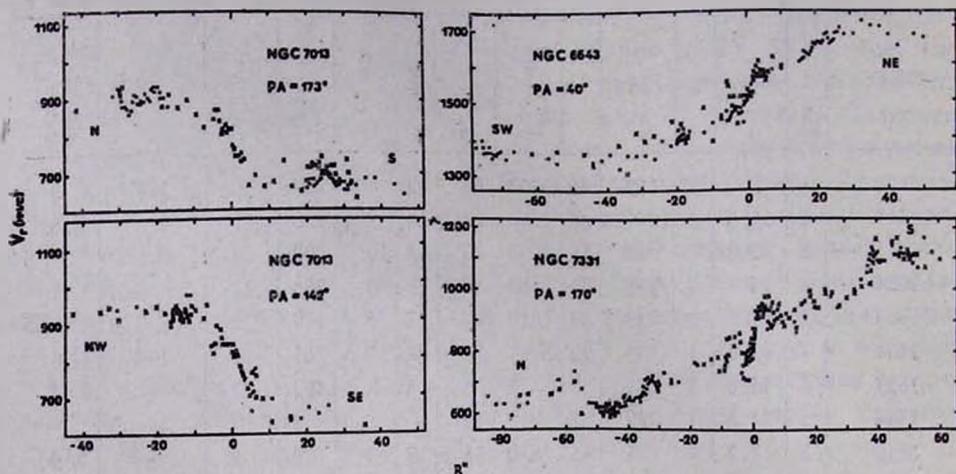


Рис. 3. Распределение лучевых скоростей вдоль щели для галактик программы в разных позиционных углах. Обозначения те же, что и на рис. 1.

Общие особенности формы кривой вращения прослеживаются уверенно. Твердотельная часть кривой кончается «ступенькой» на $R = 10''$, после чего скорость опять немного возрастает, и кривая выходит на плато или очень пологий подъем. Разрезы $PA = 40^\circ$ и $PA = 58^\circ$ демонстрируют еще одну — внутреннюю — «ступеньку» на $R = 2''$. На разрезе $PA = 12^\circ$ она, однако, не повторяется и поэтому, вероятнее всего, связана с некруговыми движениями газа; зато на разрезе $PA = 12^\circ$ заметно маленькое плато в центре, возможно, связанное с мини-баром.

Фотометрия галактики дает значение характерного размера экспоненциального диска $a^{-1} = 29''$ [11], при этом максимум «дисковой» составляющей скорости вращения должен приходиться на $R_m \approx 62''$ (что близко к положению максимума R_m по Кязумову). Модель диска не может объяснить наблюдаемые скорости вблизи центра при $R \lesssim 20''$. «Ступенька» на кривой вращения и твердотельная часть с большим градиентом скорости связаны не с диском, а, по-видимому, с балджем. Скорость вращения $V_{\text{rot}} = 160$ км/с соответствует массе балджа внутри 1.3 кпк $\sim 7 \cdot 10^9 M_\odot$. Для сравнения, полная масса галактики в пределах оптического радиуса 1.95 (13 кпк) при $V_m = 200$ км/с составляет $\sim 10^{11} M_\odot$.

NGC 7013. Эта несбывшая по форме одиночная галактика относится к типу S0/a. Яркая центральная часть галактики (балдж) окружена слегка асимметричным относительно центра галактики эллипсом диаметром $1'$,

большая ось которого повернута относительно линии узлов на 18° . Размер всей галактики в несколько раз больше диаметра эллипса.

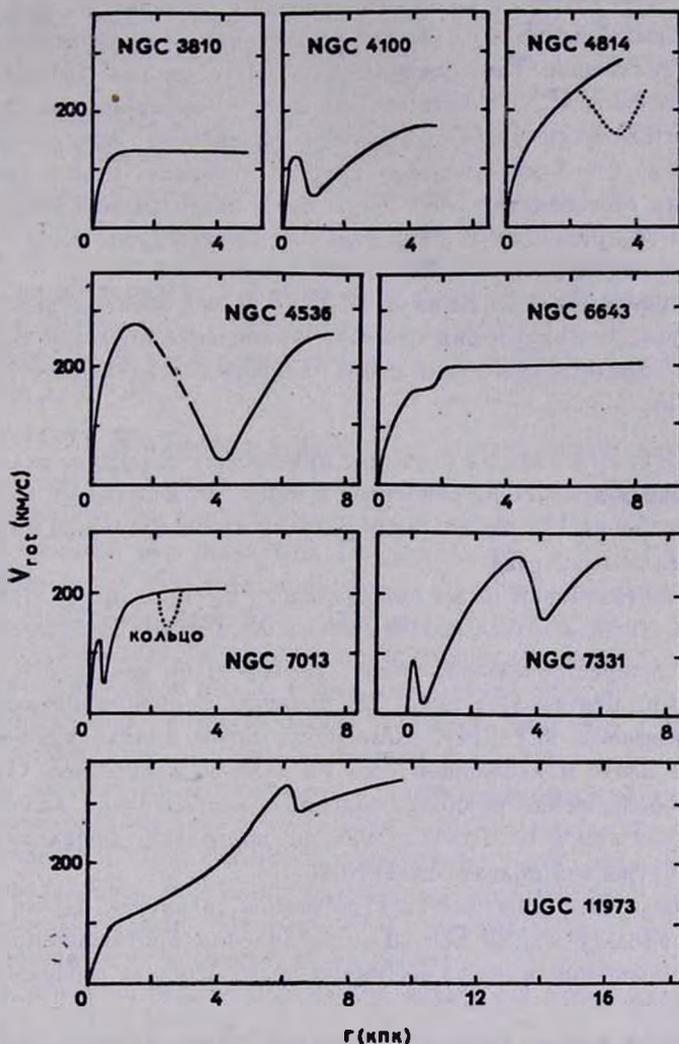


Рис. 4. Кривые вращения, приведенные к плоскости галактик в предположении круговых движений газа. Штрихованная линия обозначает участки, где эмиссионные линии были слабы и измерения неуверенны; точечный пунктир отмечает расхождение между двумя половинами галактики или между разными разрезами.

На БТА было получено две спектрограммы галактики. В ядре видны только эмиссионные линии $[N II]$, в кольце заметна $H\alpha$. Щель проходила через ядро в направлениях $PA = 142^\circ$ и 173° . По оптическим данным, 11-462

$PA_0 = 157^\circ$ [3], наклон $i = 74^\circ$ [10]. Наличие двух кривых $V_r(R)$ позволяет найти значения этих углов независимо. Кривые вращения, построенные по двум разрезам, хорошо согласуются друг с другом при $PA_0 = 155 \pm 1^\circ$, $i = 73^\circ \pm 3^\circ$. Скорость вращения выходит на плато ($V_m = 194 \pm 10$ км/с) немногим ближе к центру, чем область пересечения щелью кольца галактики. Там, где щель пересекает кольцо, наблюдаются локальные минимумы V_{rot} , в которых скорость уменьшается на ~ 50 км/с.

Область быстрого подъема скорости вращения, простирающаяся в $R = 12'' \div 15''$ (~ 1 кпк), контролируется балджем. Масса галактики в этих пределах составляет $\sim 10^{10} M_\odot$. Если плато кривой вращения продолжается и за пределами $1''$ от центра, то интегральная масса в пределах оптического радиуса равна $\sim 10^{11} M_\odot$.

Вблизи центра галактики на $R \approx 5''$ (350 пк) заметны резкие локальные максимумы V_{rot} . Если они отражают изменение круговой скорости, то масса ядра, определяющего эти пики, должна составлять $\sim 1.2 \cdot 10^9 M_\odot$ внутри 350 пк.

NGC 7331. Это одна из наиболее интересных галактик, включенных в программу наблюдений. Она относится к типу Sbc и обладает ярким и протяженным балджем. На его долю приходится около половины интегральной светимости галактики [12].

Вращение галактики ранее исследовалось Рубин и др. [13]. Один разрез вдоль большой оси был получен также Хью и др. [8]. По обоим работам, кривая вращения проходит через максимум на расстоянии ~ 0.9 по обе стороны от центра (3.5 кпк). На больших R оценка скорости получена по наблюдениям H I [14], согласно которым кривая вращения имеет протяженное плато и небольшой рост на далекой периферии. Однако низкое угловое разрешение радионаблюдений, эквивалентное линейному разрешению 6×3 кпк в плоскости диска, не позволяет проследить форму кривой во внутренней области галактики.

Нами были получены две спектрограммы галактики. Щель проходила через ядро вдоль большой оси. Для увеличения протяженности измеренной кривой вращения ядро галактики в обоих случаях смещалось к краю щели.

Полученная кривая вращения позволяет более детально, чем в предыдущих работах, проследить изменение скорости вращения вдоль радиуса галактики. В общих чертах, кривая $V_r(R)$ согласуется с данными других авторов. По сравнению с кривой, построенной Рубин и др. [13] по фотографическим наблюдениям, она выглядит более симметричной относительно центра. Спад скорости в области 3.5—4 кпк выглядит более крутым (по-видимому, некруговые движения). Этот участок получен только по одному разрезу, и форма кривой здесь нуждается в уточнении. Наиболее:

важной отличительной деталью является наличие области большого градиента скорости в пределах $3''$ — $4''$ от ядра (без учета конечного углового разрешения системы, которое составляет сравнимую величину $\sim 2''$) с последующим уменьшением скорости. При принятом расстоянии до галактики радиус этой области составляет 200 — 300 пк, а градиент dv_r/dR более 400 км/с кпк. Если такое поведение $V(R)$ связано с наличием компактного ядра галактики, то его масса в указанных пределах должна составлять $\sim 10^9 M_\odot$, а средняя плотность $\sim 10 M_\odot/\text{пк}^3$.

По данным поверхностной фотометрии, характерный размер диска $\alpha^{-1} \approx 104''$ [12]. Максимум скорости вращения такого диска должен приходиться на $\sim 220''$. Ясно, что наблюдаемое положение максимума на $R \approx 50''$ не объясняется в рамках модели диска, и его естественно связать с балджем галактики. С учетом поправки на «дисковую» составляющую скорости вращения на этом радиусе, масса балджа в пределах $50''$ оказывается не менее $5 \cdot 10^{10} M_\odot$.

UGC 11973. Эта малоизученная изолированная галактика с интегральной величиной $13^m.5$ имеет диск, сильно наклоненный к лучу зрения, в котором различимы три спиральные ветви. Была получена одна спектрограмма вдоль большой оси галактики. По линиям H_α и $[N II]$ уверенно прослеживается почти твердотельный участок кривой вращения, простирающийся на $\pm 20''$ от центра. При расстоянии $\Delta = 60$ Мпк это соответствует радиусу 6 кпк. Такая большая протяженность участка не объясняется в рамках обычной модели балдж+диск, которая требует монотонного уменьшения производной dV/dR . В работе Засова и Кязумова [15] было показано, что отмеченную особенность кривой вращения можно интерпретировать в модели двух вложенных друг в друга компланарных дисков с экспоненциальным распределением плотности и сильно различающимися шкалами. В случае NGC 157, к которой применялась эта модель, параметры дисков определялись исходя из фотометрического профиля яркости галактики, который, согласно Блекману [16], действительно может быть представлен суммой двух экспоненциальных компонентов. Было бы интересно проверить, имеет ли место аналогичная ситуация в рассматриваемой галактике.

4. *Обсуждение результатов.* Результаты измерения скоростей вращения галактик (число спектрограмм, скорость ядра, приведенная к центру иду Местной Группы согласно Вокулеру и др. [17], радиус, в пределах которого получена кривая, R_L , максимальная скорость V_{\max} в пределах этого радиуса и особенности полученной кривой вращения) приведены в табл. 1 вместе с важнейшими оптическими характеристиками галактик.

Для большей части галактик скорости вращения были измерены впервые. В большинстве случаев точность измерений достаточна, чтобы судить

об отдельных деталях распределения лучевой скорости $V_r(R)$ вдоль щели. Наличие локальных максимумов наблюдается или подозревается во всех галактиках, кроме NGC 1637, 1964 и 3810 (исключая объекты, где дисперсия точек вдоль кривой слишком велика для обнаружения таких деталей — см. Примечания к табл. 1). Это показывает, что немонотонный характер кривой вращения во внутренней области галактик является скорее правилом, чем исключением.

Во всех рассмотренных случаях, кроме NGC 4814 и, возможно, NGC 1637, внутреннюю область кривой вращения трудно объяснить экспоненциальным диском. Большой градиент скорости указывает на преобладающее влияние балджа на кривую вращения в области роста $V(R)$. Более пологий характер кривой лучевых скоростей вблизи центра, наблюдаемый в NGC 1637, возможно, связан с баром галактики.

У части галактик (у NGC 615, 4100, 7013, 7331 и, возможно, у NGC 157, 1024 и 1134), благодаря высокому линейному разрешению, в пределах нескольких угловых секунд от ядра удалось обнаружить область, выделяющуюся высоким градиентом dV/dR . Наиболее четко эта особенность проявляется в NGC 7331. Среди галактик, изучавшихся другими авторами, сходной особенностью обладает галактика NGC 4594 с очень массивным балджем, где узкий околядерный максимум был найден Рубин и др. [18] на пределе углового разрешения, однако область роста скорости в пределах нескольких секунд от центра галактики в NGC 4594 вообще не прослеживается. Не исключено, что сходную природу имеет особенность поведения скорости вращения в ядре M 31, где на расстоянии от центра $\lesssim 1''$ наблюдается резкое ее увеличение (более чем на 100 км/с [19]). Возможно также, что области крутого градиента $V_r(R)$ вблизи ядра имитируют «разрыв» по обе стороны от ядра в кривой лучевых скоростей на $\Delta V \sim 50$ км/с, отмечавшийся Рубин и Грэхемом [20] в ряде спиральных галактик поздних типов. Из наших данных, однако, не следует вывод о реальном существовании подобных разрывов, хотя в случае NGC 4536 наблюдения допускают такую интерпретацию. В остальных случаях по нашим измерениям области крутого роста $V(R)$ обладают заметной протяженностью и оказываются динамически выделенными: за ними следует «ступенька» или локальный минимум на кривой вращения. Число галактик с аналогичными деталями поля скоростей вблизи центра может быть значительно больше, если учесть трудности измерения скоростей газа по эмиссионным линиям на фоне яркой центральной области галактики при обычных (фотографических) методах.

Возможны две, не исключают друг друга интерпретации наблюдаемых особенностей. Первая — это наличие динамически обособленного плотного ядра внутри балджа с характерным радиусом в несколько сотен парсек и менее и массой $\sim 10^9 M_\odot$. Заметим, что почти все галактики, где об-

наружены рассматриваемые здесь детали, обладают хорошо развитым балджем, и компактное ядро может быть результатом динамической эволюции этого компонента галактики. Вторая возможность — упорядоченные некруговые движения газа вблизи ядра. Рассматриваемые галактики не обладают активными ядрами. Звездообразование, которое присутствует в центральных областях этих галактик, будет увеличивать дисперсию скоростей облаков, что не приведет к наблюдаемой картине, а, наоборот, уменьшит V_{rot} . Остается возможность влияния на движение газа небольшого и трудно обнаружимого «мини-бара», который на определенном расстоянии от центра тормозит вращение проходящего через него газа, вызывая локальное уменьшение V_{rot} . Такая картина может качественно объяснить наблюдаемый профиль $V_r(R)$ только при определенной ориентации бара относительно большой оси галактики. Для проверки указанных возможностей предполагается изучение азимутальной вариации $V_r(R)$ в выбранных галактиках.

В заключение авторы выражают благодарность Комитету по тематике шестиметрового телескопа за предоставленную возможность наблюдений на БТА, а также О. М. Неизвестной, А. И. Шалопаловой, В. П. Михайлову за помощь в наблюдениях и А. М. Фридману за обсуждение.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

Государственный астрономический институт
им. П. К. Штернберга

THE ROTATION OF INNER PARTS OF SPIRAL GALAXIES. III

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

The results of gas radial velocity measurements in the region of several kiloparsecs from the centre are presented for the spiral galaxies NGC 3810, 4100, 4536, 4814, 6643, 7013, 7331 and UGC 11973. Observations were carried out with the 6-meter telescope using a new digital-image detector. The data presented in Papers I and II show some characteristic features of rotation curves: steep gradient of rotation velocity near the nucleus often followed by local maximum or step on the rotation curve. The possible interpretations of such features are given.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Афанасьев, А. Н. Буренков, А. В. Засов, О. К. Сильченко, *Астрофизика*, 28, 243, 1988.

2. М. С. Алядин, В. Л. Афанасьев, А. Б. Берлин, А. Н. Буренков, О. О. Завадская, Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР (в печати).
3. P. Grosbol, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 60, 261, 1985.
4. M. Watanabe, *Ann. Tokyo Observ.*, 19, 121, 1983.
5. B. C. Whitmore, R. P. Kirshner, *Astron. J.*, 87, 500, 1982.
6. А. В. Засов, О. К. Сильченко, Письма в Астрон. ж., 13, 455, 1987.
7. M. F. Duval, G. Monnet, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 61, 141, 1985.
8. C. T. Hua, J. Donas, N. H. Doan, *Astron. and Astrophys.*, 90, 8, 1980.
9. Г. А. Кляумов, *Астрон. ж.*, 58, 1167, 1981.
10. L. Bottinelli, L. Gouguenheim, G. Paturel, G. de Vaucouleurs, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 56, 381, 1984.
11. D. M. Elmegreen, B. G. Elmegreen, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 54, 127, 1984.
12. T. Borson, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 46, 177, 1981.
13. V. C. Rubin, E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, D. J. Crampton, K. H. Prendergast, *Astrophys. J.*, 141, 759, 1965.
14. А. Воста, *Astron. J.*, 86, 1791, 1981.
15. А. В. Засов, Г. А. Кляумов, Письма в Астрон. ж., 7, 131, 1981.
16. C. P. Blackman, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 186, 701, 1979.
17. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. G. Corwin, *Second Reference Catalogue of Bright Galaxies*, Austin/London, 1976.
18. V. C. Rubin, D. Burstein, W. K. Ford, N. Thonnard, *Astrophys. J.*, 289, 81, 1985.
19. J. Kormendy, *Prepr., Dominion. Astron. Observ.*, 1986.
20. V. C. Rubin, J. A. Graham, *Astrophys. J.*, 316, L67, 1987.