

УДК: 524.7—42+520.2.064.4

ИЗОДЕНСИТОМЕТРИЯ ИЗБРАННЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ГАЛАКТИК. II

Ю. П. КОРОВЯКОВСКИЙ

Поступила 7 июля 1983

Принята к печати 20 февраля 1984

Продолжены начатые в [2] морфологические исследования крупномасштабных снимков избранных взаимодействующих галактик, полученных в первичном фокусе 6-м телескопа. Проведена очистка снимков от высокочастотных шумов фотоэмульсии и улучшено их угловое разрешение с помощью методов цифровой фильтрации.

1. *Введение.* В настоящей работе продолжено морфологическое исследование крупномасштабных снимков взаимодействующих галактик из атласа Воронцова-Вельяминова [1], начатое в [2]. Особенности получения и методы обработки снимков описаны в [2]. Исползованные методы цифровой фильтрации исходных снимков уменьшили высокочастотный шум фотоэмульсии и улучшили их угловое разрешение. По улучшенным изображениям взаимодействующих галактик уточнена их морфология и классификация, выполненная ранее Воронцовым-Вельяминовым [1].

2. *Результаты.* Сведения об условиях съемки, сканирования снимков на автоматическом микроденситометре АМД-1, деталях цифровой фильтрации помещены в табл. 1. В ней приведены: название объекта по атласу Воронцова-Вельяминова [1], качество изображения на фотопластинке, тип фотоэмульсии, экспозиция, оптическая плотность фона неба, шаг по D между соседними изоуровнями при построении карт изображений, обработанных с помощью оптимального фильтра низкой частоты (ОФНЧ) и винеровского реставрирующего фильтра (РВФ). Все снимки получены без фильтра.

Ниже приводится краткое описание исследованных в этой статье объектов, прямые фотографии и карты изоденс которых помещены на соответствующих рисунках. Все исходные снимки получены в первичном фокусе 6-м телескопа САО АН СССР.

IV 636. По классификации Воронцова-Вельяминова [1] — это гнездо с числом членов не менее трех. Анализ крупномасштабного снимка объек-

Таблица 1

№	VV, Арп	Качество изображения (угл. сек)	Эмульсия	Экспоз. (мин.)	D фона неба	Шаг сканир. μ	Шаг между изоденсами ОФНЧ ΔD	Шаг между изоденсами РВФ ΔD	Рисунок 1 (номер строки)
9	636	3.0	Zu-2	20	0.49	15	0.15	0.15	1
10	619	1.8	103 аО	4	0.41	15	0.05	0.10	2
11	535	3.3	103 аО	15	0.38	20	0.05	0.10	3
12	591	2.5	103 аО	15	0.59	20	0.05	0.10	4
13	546	2.5	103 аО	15	0.30	25	0.05	0.10	5
14	503	2.5	103 аО	15	1.33	20	0.05	0.10	6
15	526	1.7	11 аО	25	1.05	25	0.05	0.10	7
16	748	4.0	103 аО	8	0.28	25	0.05	0.10	8
17	538	2.2	11 аО	20	0.29	35	0.05	0.10	9
18	598	2.2	103 аО	15	0.94	25	0.05	0.10	10
19	554	1.7	103 аО	11	0.63	25	0.05	0.10	11
20	33	1.7	Zu-2	5	2.64	30	0.05	0.15	12
21	640	1.7	11 аО	20	1.32	25	0.05	0.15	13
22	531	4.0	103 аО	15	0.41	30	0.05	0.10	14
23	566	4.0	103 аО	15	0.58	20	0.10	0.10	15
24	711	3.0	103 аО	15	0.47	25	0.05	0.10	16
25	621	3.3	103 аО	15	0.56	35	0.05	0.15	17
26	793	2.5	11 аО	20	0.94	25	0.05	0.10	18
27	6 гл.	1.7	103 аО	20	0.32	25	0.10	0.15	19
28	6 сп.	1.7	103 аО	20	0.76	15	0.05	0.10	20

та и результатов цифровой обработки изображений показывает, что в данном случае мы наблюдаем двойную галактику. Третий компонент, расположенный на снимке справа, является звездой поля. Расстояние между центрами галактик равно $\sim 8''$, размер общей оболочки окружающей галактики равен $\sim 30''$. Центры галактик соединены перемычкой. Одна из галактик эллиптическая, другая — компактная, звездообразная.

IV 619. Согласно [1] — это «гнездо» галактик. Скорости объекта измерялись многими авторами и их величины лежат в промежутке 3500—3890 км/с; изоденсы, приведенные в [1], сделаны в [3]. При сравнении изоденситометрических карт, построенных в [3] и нами, четко выявляются преимущества цифровой фильтрации: шаг между изоденсами на нашей обработке, существенно меньше; уверенно выявлена самая слабая внешняя изоденса, по которой размер объекта равен $\sim 49''$ (12 кпс, при $H = 75$ км/с Мпс). На нашей изоденситометрической карте после улучшения углового разрешения более уверенно выявляется двойственность правого верхнего сгущения с полушириной сгустков, равной $\sim 0.''8$.

IV 535. Согласно классификации Воронцова-Вельяминова [1] этот объект является «голубым гнездом» с тремя взаимодействующими членами. На крупномасштабном снимке объект выглядит как типичная система M 51 — четко выраженная двухрукавная спиральная структура у главной (левой) галактики; на конце правой спирали расположен спутник с «отростком», направленным в сторону главной галактики. Размер системы по самой слабой изоденсе составляет $\sim 65''$, а расстояние между центрами галактик равно $\sim 17''$.

IV 591. По [1] система отнесена в класс гнезд. По крупномасштабному снимку можно с уверенностью отнести этот объект к обычной галактике, в спиральных которой содержится большое количество ярких конденсаций, вероятно, H II-областей и звезд поля. Размер системы, определенный по самой внешней изоденсе, составляет $\sim 80''$.

IV 546. Воронцов-Вельяминов классифицировал этот объект как гнездо, состоящее из большой галактики и 3—5 карликовых галактик в «общем тумане». Крупномасштабный снимок и результаты обработки подтверждают эту классификацию.

IV 503. По [1] — это «молодая мини-цепочка», состоящая из трех галактик в контакте. На крупномасштабном снимке мы наблюдаем спиральную галактику с перемычкой; на концах перемычки имеются два уярчения. Размер системы по внешней изоденсе составляет $\sim 100''$.

IV 526. Согласно [1], в этом случае систему можно отнести к классу «гнезд», состоящую из двух больших взаимодействующих галактик. На

снимке 6-м телескопа и обработке видна обычная спиральная галактика. Одна из внешних спиралей имеет повышенную яркость. На спектре, полученном на БТА, отсутствуют эмиссионные линии.

IV 748. Классифицирован [1] как пара галактик в контакте. Изображения, приведенные в атласе Воронцова-Вельяминова, сильно переэкспонированы и вследствие этого структура центральных областей галактик не видна. На крупномасштабном снимке и цифровых обработках хорошо заметны следы взаимодействия двух галактик: в главной галактике (на рис. слева) присутствуют два семейства спиралей: внешние, вероятно, приливной природы, и внутренние, начинающиеся из перемычки. У спутника на изоденситометрических картах после обработки ОФНЧ заметна «вытянутость» внешних областей по направлению к главной галактике. Следует, однако, отметить, что на карте, после обработки РВФ, эта вытянутость выглядит как звездообразный объект, так что вполне вероятно здесь мы имеем дело с эффектом наложения слабой звезды поля на изображение эллиптического спутника. У спутника прослеживается слабый изогнутый хвост, направленный на снимке вниз, вероятно, также приливной природы. Система погружена в общую оболочку размером $88'' \times 38''$. На спиральные ветви главной галактики проектируется яркая звезда поля.

IV 538. Согласно классификации Воронцова-Вельяминова [1] эта система является гнездом галактик. Лучевая скорость объекта измерена [4] и равна $v_0 = 1649$ км/с. На снимке, полученном в прямом фокусе 6-м телескопа, объект выглядит как обычная спиральная галактика с четко выраженными тремя рукавами. В спиралах присутствуют уярчения, вероятно, H II-области с характерным размером $\sim 2''6$ (0.27 кпс при $H = 75$ км/с Мпс). Система погружена в обширную оболочку размером $\sim 123''$ (13 кпс), хорошо заметную на обработке ОФНЧ.

IV 598. В атласе [1] этот объект описан как гнездо, состоящее из двух больших и трех малых членов. После цифровой фильтрации крайний правый на снимке член можно с большой уверенностью считать звездой поля (в отличие от компактных членов, принадлежащих объекту, он имеет существенно более высокий градиент яркости). Размер системы по самой внешней изоденсе составляет $75'' \times 44''$.

IV 554. Воронцов-Вельяминов считает этот объект «голубым гнездом», состоящим из 5—6 малых галактик. Лучевая скорость объекта определена [5] и составляет 6040 км/с. На крупномасштабном снимке хорошо заметна многорукавная спиральная структура обычной галактики с большим числом уярчений в спиралах. Средний диаметр этих уярчений равен $\sim 2''$ (0.80 кпс), что существенно больше характерных размеров областей H II. Размеры оболочки, в которую погружена система, равны $\sim 44'' \times 56''$

(17—22 кпс) по второй от фона (светлой на обработке ОФНЧ) изоденсе. Менее уверенно прослеживается самая «слабая» изоденса диаметром $\sim 88''$ (34 кпс).

IV 33. Крупномасштабный снимок этого интересного объекта был сделан ранее Арпом на 5-м телескопе [6]. Лучевая скорость системы измерена [5] и составляет 2980 км/с. Нами была выполнена короткая экспозиция на 6-м телескопе для выявления структуры ядерных областей системы. Характерной особенностью этой системы является тонкий мост вещества, связывающий главную галактику, изображение которой приведено на рисунке, и эллиптический спутник, протяженностью $\sim 233''$ (45 кпс). Однако если подвергнуть изображение этой кажущейся тонкой перемычки цифровой фильтрации, то ее поперечный размер возрастает в 4—5 раз. В одном из вариантов машинного моделирования взаимодействующих галактик нам удалось получить довольно похожую на эту модельную систему картинку. Строение ядерной области главной галактики довольно сложное: имеется 3 или 4 сгустка примерно равной яркости с характерными размерами $\sim 1.''5$ (0.3 кпс). Точечный объект слева — дефект эмульсии.

IV 640. Этот объект классифицирован Воронцовым-Вельяминовым по мелкомасштабным фотографиям как гнездо в стадии распада, состоящее из трех членов. На снимке, полученном на 6-м телескопе при хороших астроклиматических условиях ($\theta = 1.''7$), четко прослеживается двухъядерная структура объекта; верхнее ядро более компактное, звездобразное (не звезда!); нижнее — более вытянутое. На оригинальном снимке и на изоденситометрической карте, построенной после обработки изображения РВФ, хорошо заметны тонкие слабые спирали. Размер системы равен $\sim 50'' \times 81''$. На обработке ОФНЧ и РВФ нижний звездобразный объект является дефектом эмульсии.

IV 531. Воронцов-Вельяминов [1] выделил этот объект в класс гнезд. Лучевая скорость объекта измерена [7] и равна $V_0 = +485$ км/с. На снимке 6-м телескопа этот объект выглядит как иррегулярная галактика с большим числом сгущений. Средний диаметр их составляет $\sim 6''$ (0.2 кпс), что соответствует типичному размеру Н II-областей. На обработке РВФ можно наглядно продемонстрировать действие реставрирующего фильтра: яркая звезда поля в верхней левой части рисунка является двойной. Размер галактики по самой слабой изоденсе составляет $128'' \times 90''$ (4×2.8 кпс).

IV 566. По [1] — это гнездо из трех членов, находящихся в контакте. Лучевая скорость объекта равна 5820 км/с [5]. На крупномасштабном снимке и изоденситометрических картах отчетливо видно, что на галактику с компактным ядром, перемычкой и двумя спиральными рукава-

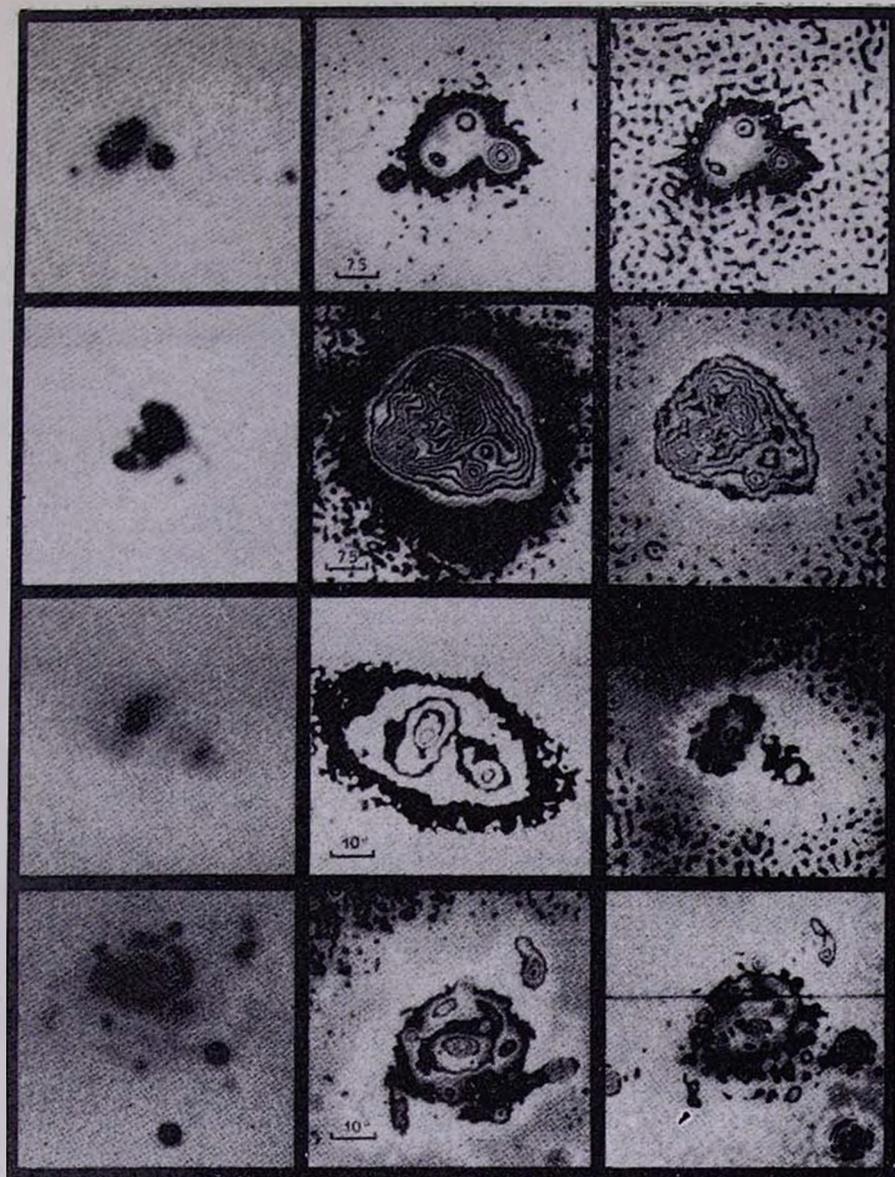
ми проектируется звезда поля. Размер системы по самой слабой изоденсе составляет $\sim 70''$ (26 кпс).

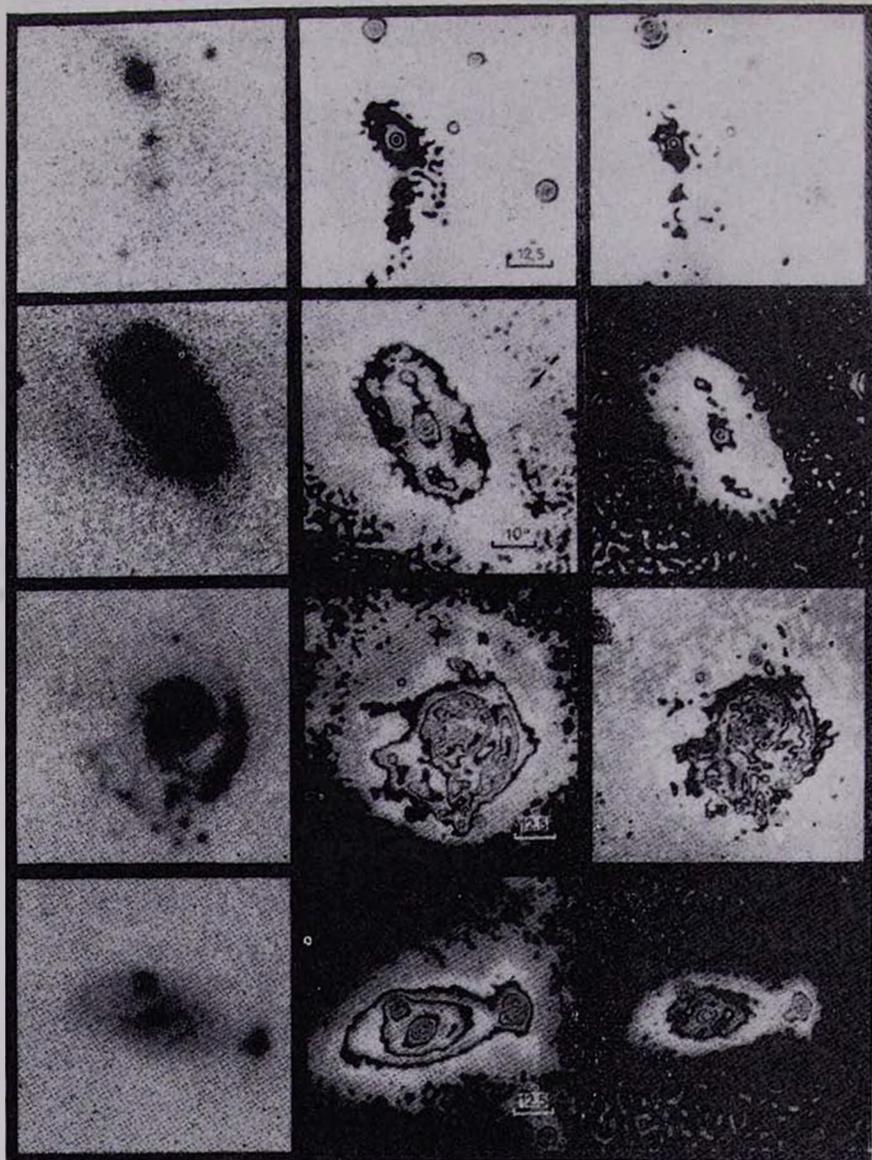
VV 711. Согласно Воронцов-Вельяминову этот объект является парой соединившихся галактик. На снимке 6-м телескопа в этой системе отчетливо проявляются эффекты приливного взаимодействия двух галактик: типичный «приливной» хвост с тремя конденсациями у верхней галактики, более слабые возмущения наблюдаются у левой галактики. На обработке РВФ четко выявляется двойственность ядра правой галактики. Размер слабосветящейся оболочки, в которую погружена система, составляет $28'' \times 75''$.

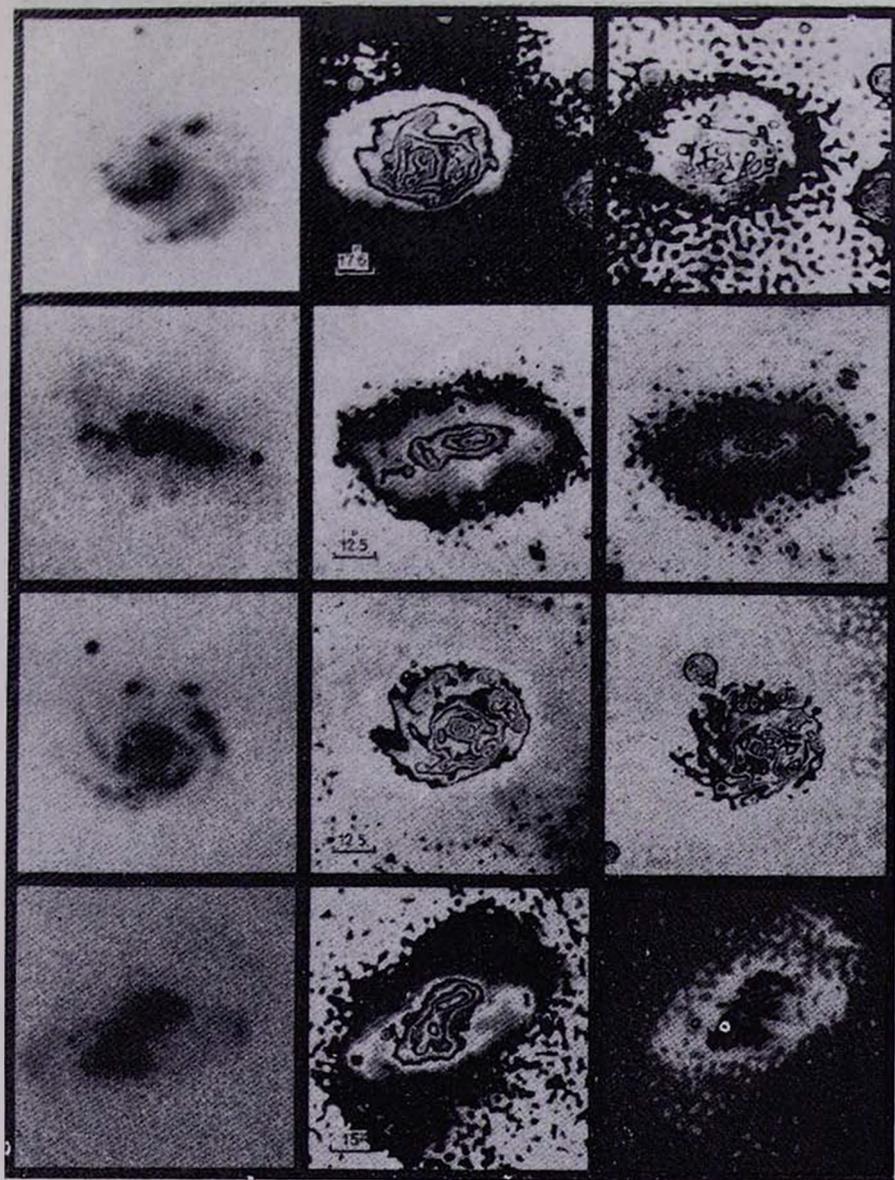
VV 621. В атласе [1] эта система помещена в класс гнезд. Там же отмечена трудность в интерпретации этого объекта. В [8] приведена лучевая скорость, равная 6300 км/с. На крупномасштабном снимке 6-м телескопа видны 2 галактики — спиральная, в ней отсутствует четко выраженное ядро (вместо ядра «дыра») с усиленной нижней спиралью и цепочкообразная изогнутая левая галактика с тремя яркими членами. С большой степенью вероятности здесь можно предполагать физическое взаимодействие галактик: усиление одной из спиралей у правой галактики и характерная изогнутость у цепочкообразной галактики. Диаметр правой галактики, измеренный по самой слабой изоденсе, равен $\sim 106''$ (43 кпс); средний размер ярких узлов в ее спиралях составляет $\sim 3.''5$ (1.4 кпс), а размеры цепочкообразной галактики равны $53'' \times 7''$ (22×3 кпс).

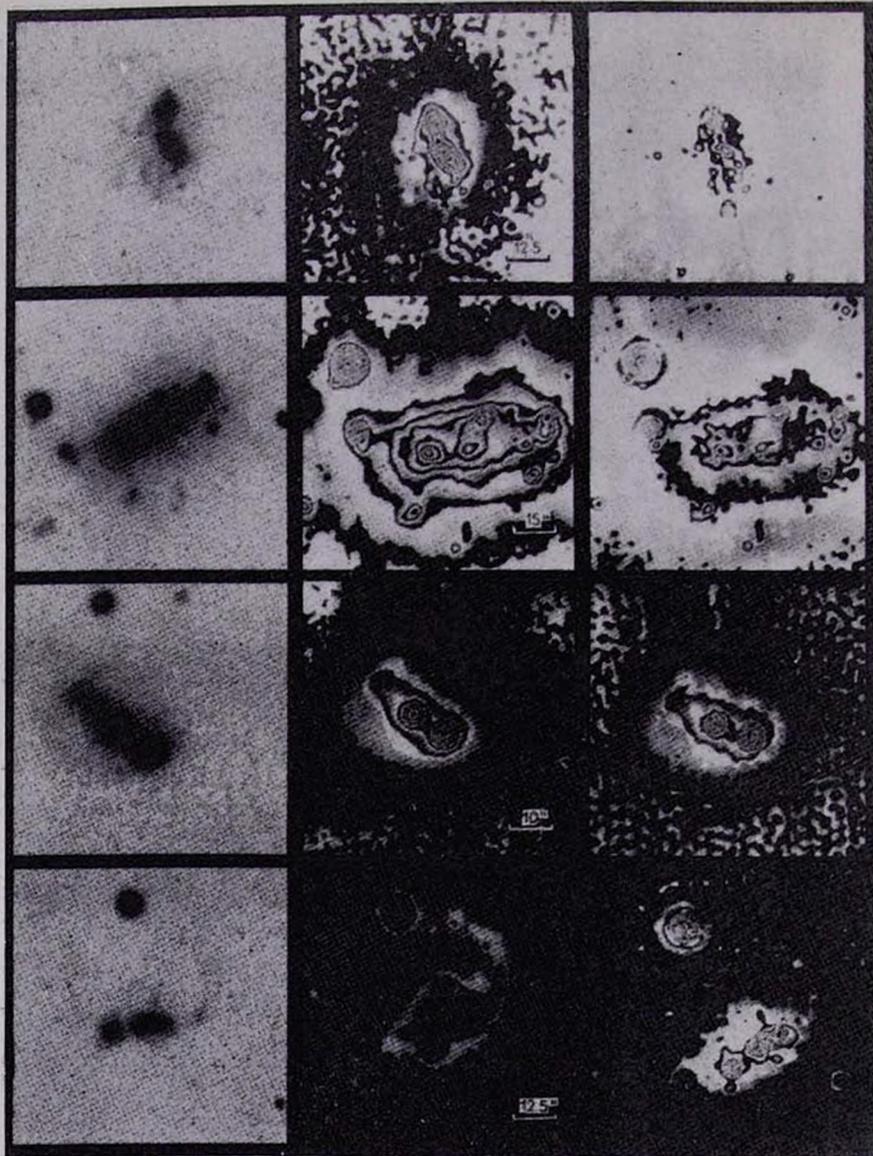
VV 793. Воронцов-Вельяминов классифицировал этот объект предположительно как гнездо карликовых галактик. Лучевая скорость объекта приведена в [4] и равна 2361 км/с. На крупномасштабном снимке этот объект выглядит как спиральная галактика с очень мощным свечением в ядерной области и двумя слабыми, асимметрично расположенными рукавами. На обработке РВФ в ядерной области заметно 2 ярких сгустка диаметром $\sim 2.''5$ (0.38 кпс). Диаметр слабой оболочки, окружающей галактику, равен $\sim 100''$ (15 кпс), что соответствует размерам нормальной галактики.

VV 6 (главная). На двух последовательных рисунках приведены изображения и их обработка системы VV 6, которая классифицирована Воронцовым-Вельяминовым как взаимодействующая система типа M 51. Форма искажений внешних частей главной галактики и спутника, как показывают численные расчеты, типична для близкого пролета галактик. На обработке РВФ изображения спутника заметна двойственность ядра.









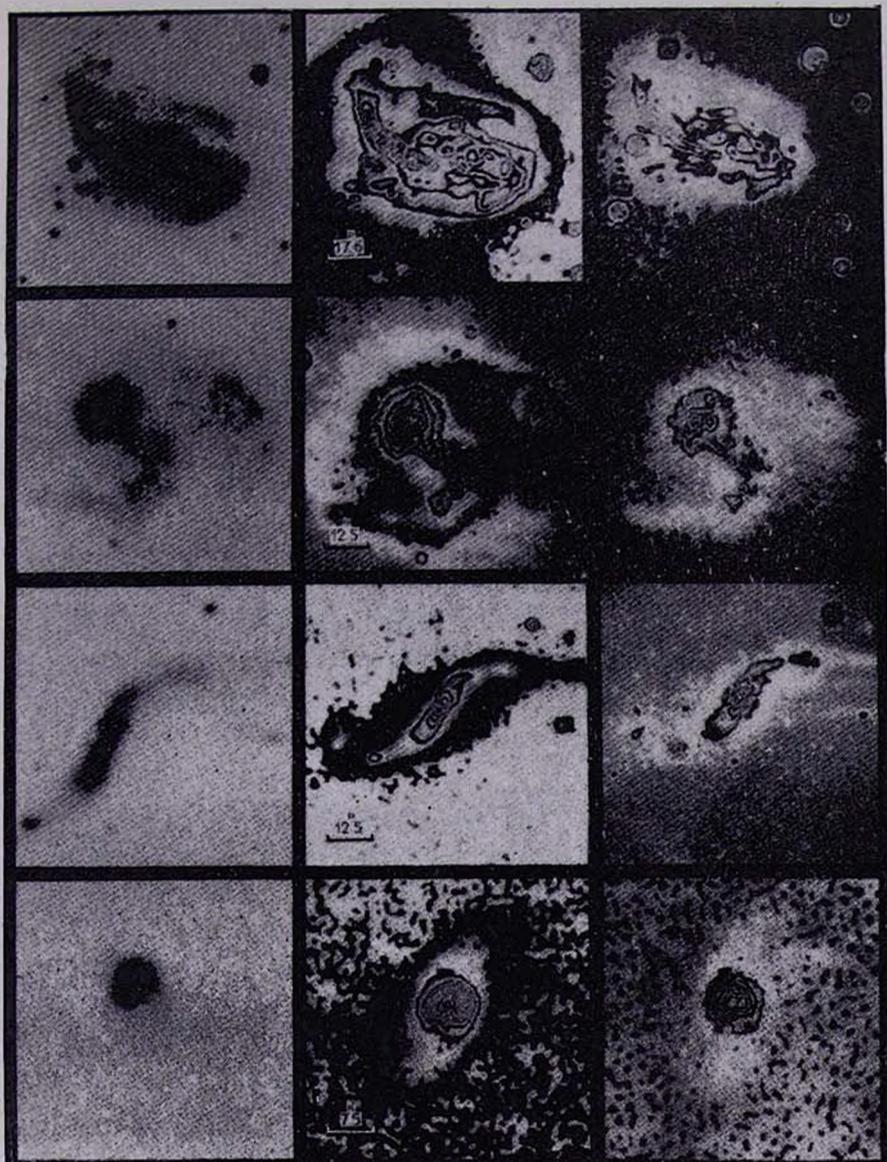


Рис. 1. Прямые фотографии и изоденситометрические карты взаимодействующих галактик. В первом столбце помещена исходная фотография объекта, во втором — результат ее цифровой обработки с помощью ОФНЧ, в третьем столбце приведен результат цифровой фильтрации исходного изображения с помощью РВФ. Соответствующие название и подробная информация о приведенных объектах содержится в табл. 1.

ISODENSITOMETRY OF SELECTED INTERACTING GALAXIES. II

Yu. P. KOROVYAKOVSKI

Morphological investigation of large scale photographs of selected interacting galaxies, obtained in the prime focus of the 6-meter telescope, begun in [2] is continued. High-frequency photoemulsion noises have been decreased and the angular resolution of the photographs is improved with the help of the digital filtration method.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Воронцов-Вельяминов. Атлас взаимодействующих галактик, 2, *Astrophys., Suppl. ser.*, 28, No. 11, 1977.
2. Ю. П. Коровяковский, *Астрофизика*, 21, 49, 1984.
3. G. Chincarini, H. Heckathorn, *Ap. J.*, 194, 575, 1974.
4. V. L. Afanasyev, I. D. Karachentsev, V. P. Arkhipova, V. A. Dostal, V. G. Metlov, *Astron. Astrophys.*, 91, 302, 1980.
5. В. П. Архипова, В. Л. Афанасьев, В. А. Досталь, А. В. Засов, И. Д. Караченцев, Р. И. Носкова, М. В. Савельева, *Астрофизика*, 17, 239, 1981.
6. H. Arp, *Ap. J. Suppl. ser.*, 14, 1966.
7. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, Corwin, *Second Reference Catalogue of Bright Galaxies*, 1976.
8. В. П. Архипова, В. Ф. Есипов, *Письма АЖ*, 5, 265, 1979.