

РАСТРОВАЯ ЭКВИДЕНСИТОМЕТРИЯ И ЕЕ ПЕРВЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СНИМКОВ 6-м ТЕЛЕСКОПА

М. Ф. Шабанов, В. В. Попов

Разработан метод растровой эквиденситометрии для построения изофот астрономических объектов, который в 3—4 раза эффективнее обычной эквиденситометрии. На основе измерения шумов, контрастных переходов и числа объективно различимых градаций для эмульсий 103aO и 111aJ сделаны количественные оценки фотометрической точности построения изоденс и их вероятностной связи с реальными изофотами.

Метод применен для построения изофот и морфологического анализа четырех взаимодействующих галактик из атласа Б. А. Воронцова-Вельяминова: VV51, VV243, VV528, VV711 — по снимкам в 24-м первичном фокусе БТА. Для каждого из названных объектов получена детальная карта изофот и дано подробное морфологическое описание.

A method of raster equidensitometry is developed for the construction of isophotes of astronomical objects which is by 3—4 times more effective than the known equidensitometry. On the basis of the noise measurements, contrast transitions, and the number of really discernible gradations for the emissions 103aO and 111aJ, quantitative estimates are made for the photometric accuracy of the construction of isodenses and their probable relation with the real isophots.

The method is used for the construction of isophotes and for the morphological analysis of four interacting galaxies from B. A. Vorontsov-Vel'ayminov's atlas, VV51, VV243, VV528, VV711, using the photographs obtained in the 24-meter primary focus of BTA.

A detailed map of isophotes is made for each of the objects mentioned and a detailed morphological description is presented.

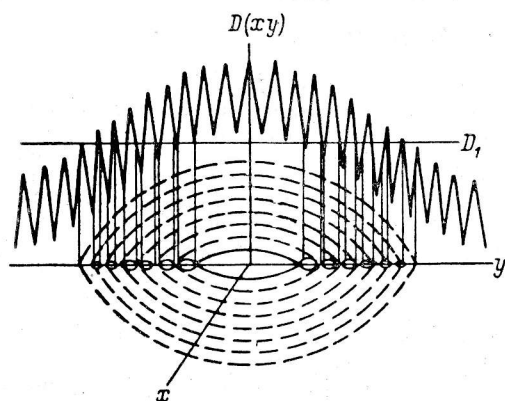
Известны четыре фотографических способа выделения плотностей на негативе: эквиденситы на основе эффекта Сабатье, цветовая окраска [1], интерферометрия рельефа почернений [2], растровые эквиденситы [3]. Для обработки астрономических негативов используется первый способ, получивший дальнейшее развитие в работах В. Хегнера, Н. Рихтера [4], И. И. Брейдо с сотрудниками [5], С. Б. Владимировой [6] и др. Эквиденситометрия остается распространенным рабочим методом, несмотря на быстрое развитие более универсальных цифровых и аналоговых методов изофотометрии [7]. Достоинства эквиденситометрии — простота и доступность, независимость времени обработки от числа разрешаемых элементов, возможность обрабатывать фотоизображения любого формата с предельным разрешением.

Авторы впервые применили метод растровой эквиденситометрии для обработки астрономических негативов. Этот метод позволяет сократить затраты труда и фотоматериалов, облегчает совмещение эквиденсит и делает хорошо отождествимыми совмещенные эквиденситы. Ниже рассматриваются основы метода растровой эквиденситометрии и его применение для изучения взаимодействующих галактик по снимкам, полученным в первичном фокусе 6-м телескопа БТА.

Для большей четкости дальнейшего изложения, следуя [7], примем следующую терминологию. Процесс построения изофот изучаемого объекта по его изображению будем называть изофотометрической обработкой.

Изофоты — линии или участки равной яркости изучаемого объекта. Изоденсы — линии или участки равной фотографической плотности на негативе, которые с точностью до шумов и инструментальных искажений изображения соответствуют изофотам. Эквиденситы — фотографически выделяемые участки равной плотности на негативе, которые с точностью до величины диапазона выделяемых плотностей и ошибок метода эквиденсит соответствуют изоденсам.

1. Принцип и техника растровой эквиденситометрии. Зарегистрируем на негативе круг с равномерно спадающей к краям яркостью. Распределение фотографической плотности $D(xy)$ для него будет похоже на круглый холм (рис. 1). Растр-элемент возьмем в виде кружка малого диаметра с резко выраженным максимумом яркости в центре. Растр-изображение образуем из множества таких кружков, расположенных по центрам квадратов со стороной, равной диаметру кружка. Распределение плотности на нега-



тиве растр-изображения будет представлять множество симметрично расположенных идентичных конусов. Наложим растр-изображение на исходное и просуммируем их плотности. Сделаем сечение растрированного изображения изоденсой D_1 , т. е. плоскостью, равной плотности. На рис. 1 изобра-

Рис. 1. Принцип построения растровых эквиденсит.

жены фотометрический разрез по оси oy и проекция этого сечения на плоскость xy . Очевидно, сечением изоденсой исходного изображения будет окружность, а сечением конусов растр-изображения — кружки (рис. 1). Диаметр кружка будет определяться величиной плотности исходного изображения в той точке, где расположен конус, сечение которого дает данный кружок. Кружкам равного диаметра соответствуют равные плотности негатива исходного изображения. Соединив кружки равного диаметра, получим кроме упомянутой выше изоденсы еще семь изоденс для исходного изображения (рис. 1). Так, на растрированном изображении вместо одной изоденсы возникает сразу несколько.

Подобную картину мы получим, если равные плотности на растрированном изображении будем выделять эквиденситами. Разница лишь в том, что растровые эквиденситы будут соответствовать изоденсам с точностью до ошибок эквиденситометрии. По технологии растровая эквиденситометрия отличается от обычной только тем, что фотометрируемое изображение перепечатывается вместе с растр-изображением. Добавляется одна элементарная операция, но результат обработки получается совершенно иной. Во-первых, сразу получается несколько эквиденсит, во-вторых, все они уже идеально совмещены и, в-третьих, каждая из них «разрисована» отличающимся от других растром, что обеспечивает отождествление каждой эквиденситы на изображениях со сложным распределением яркости. Затраты труда и фотоматериалов сокращаются во столько раз, сколько растровых эквиденсит получается за один прием.

Мы использовали методику получения эквиденсит, описанную в [4, 5], внося соответствующие изменения. С исходного негатива контактным способом делаются 3-4 ступенчатых копии на контрастную эмульсию ORWO FU-5. Каждая из копий должна содержать на линейном участке характеристической кривой интервал плотностей исходного негатива $(0.2 \div 0.5) D$, «растянутый» на контрастную эмульсию в 4—5 раз. В сумме

ступенчатые копии должны содержать весь рабочий диапазон плотностей негатива. Далее со ступенчатых копий делается вторая перепечатка на эмульсию FU-5 с помощью фотоувеличителя или, если увеличение не нужно, контактным способом. На те же фотопластинки впечатывается изображение растра так, что оба изображения налагаются. Затем делается первое проявление — 1—1.5 мин, вторая равномерная засветка — 10—15 с и второе проявление — 2—3 мин. Так получают по 3—5 растровых эквиденсит на каждой эквиденситограмме, которые затем совмещаются для получения большого числа эквиденсит.

Обычно сложно изготовить растровое изображение с размером более 30×30 см и фотографическими неоднородностями менее $\pm 0.02 D$. При получении эквиденсит со ступенчатых копий, где перепады плотностей исходного негатива «усилены» в 4—5 раз, ошибке растра $\pm 0.02 D$ соответствует ошибка выделения плотности на негативе менее $\pm 0.005 D$. С растр-элементом менее 0.1×0.1 мм невозможно получить более 4-5 хорошо разделяющихся эквиденсит. При растре с элементом более 0.2×0.2 мм можно получить уже более 7—8 эквиденсит, хорошо разделяющихся размером или конфигурацией растра. С другой стороны, увеличение растр-элемента ведет к потере разрешения на обрабатываемом негативе, который необходимо в этом случае сильно увеличивать. Мы использовали размер растр-элемента для обработки астрономических негативов $0.1—0.2$ мм. Такой размер растра требует увеличения обрабатываемых изображений.

Увеличение негативов форматом до 13×13 см мы выполняли на фотоувеличителе «Беларусь». Он обеспечивает фотометрические и геометрические искажения изображения менее 1% только для центральной части кадра диаметром около 40 мм. Для кадра диаметром 100 мм освещенность меняется от центра к краю до 2 раз, а размеры мелких деталей — до 30%. Увеличение ступенчатых копий, а не исходного негатива позволяет в 4—5 раз уменьшить фотометрические искажения и во много раз уменьшить влияние рассеянного света благодаря черному фону на изображении.

Калибровка эквиденсит осуществлялась с помощью регистрирующего микрофотометра ИФО-451. Для этого по исходному негативу поперек эквиденсит получались 3-4 регистрограммы и по ним определялись плотности, соответствующие каждой эквиденсите, а при наличии калибровки — и яркости. Даже при больших размерах щели микрофотометра более 0.1×0.1 мм на негативе шумы на регистрограммах часто не позволяли надежно разделять соседние эквиденситы с интервалом в два значения шума. По этой причине мы делали 3-4 регистрограммы, и каждая эквиденсита калибровалась по 6—8 отсчетам-пересечениям. Сам этот факт наглядно показывает большую помехоустойчивость и точность эквиденситометрии по сравнению с измерениями на микрофотометре.

Мы не располагали растрами с различной конфигурацией растр-элементов и использовали один и тот же растр в виде черно-белых квадратов размером $0.1—0.2$ мм для получения эквиденсит. Вследствие этого недостатка эквиденситы разных ступенчатых копий похожи по растровой структуре. Поэтому при совмещении большого числа растровых эквиденсит иногда приходилось проводить контурные линии для их четкого разделения (рис. 3—5).

Нами найден способ совмещения эквиденсит более точный и менее трудоемкий, чем известные ранее способы [1—6]. Стопка листов фотопленки для получения копий и эквиденсит и оригинал на пленке пробиваются по углам с помощью хорошо подогнанного дырокола. Для экспонирования каждая пробитая пленка насаживается на рамку со штифтами, точно входящими в отверстия дырокола, а сверху так же насаживаются оригинал или очередная ступенчатая копия. После получения эквиденсит пробитые пленки одна за другой или все вместе насаживаются на ту же рамку и экспонируются на одну пленку или фотопластинку. Если необходимо увеличение, то рамка с насаженной пленкой вставляется в фотоувеличитель, а под

фотоувеличителем крепится такая же рамка со штифтами и насаженной на них пленкой. Для совмещения негативов на фотопластинках они наклеиваются на рамки с отверстиями для штифтов и совмещаются так же, как пробитые фотопленки. Таким способом достигается точность совмещения для пленок форматом до 12×12 см не хуже, чем ± 0.01 мм, и для пластинок форматом до 30×30 см лучше, чем ± 0.01 мм. Точность совмещения на пленках ограничивается их деформациями при сушке.

2. Разрешение и фотометрическая точность. Разрешение в растровой эквиденситометрии определяется размером растр-элемента и коэффициентом увеличения обрабатываемого изображения. Возьмем размер растр-элемента 0.1×0.1 мм и найдем для него коэффициент увеличения, при котором возможно построение изофот с точностью до фотографических шумов для самых мелких деталей. Это условие выполняется, если увеличение таково, что при максимальном градиенте фотографическая плотность изменяется не более чем на величину фотографического шума на заданном

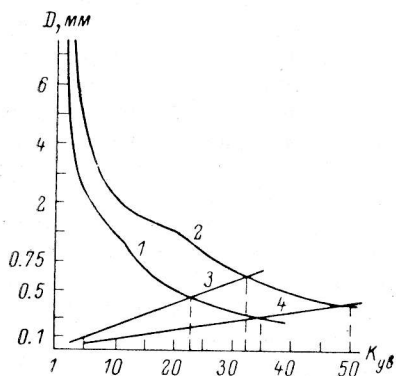


Рис. 2. Графический способ определения коэффициента увеличения изображения $K_{ув}$ по заданному градиенту $D/мм$ и величине шума σ_D .

Объяснения см. в тексте.

на негативах БТА при лучших качествах изображения градиенты достигают $1.0 D$ на 0.1 мм ($10.0 D/мм$) для эмульсии типа Кодак 103аО и в 1.5 — 2 раза больше — для мелкозернистой контрастной эмульсии Кодак 111аJ.

Измерения фотографических шумов и числа различимых градаций проводились цифровым методом [9]. Минимальная величина шума эмульсии 103аО для измеряемой площадки элемента 0.1×0.1 мм не менее 0.02 , а для эмульсии 111аJ — $0.008 D$. Указываемые величины шума могут отличаться в 1.5 — 2 раза в зависимости от срока и условий хранения фотоэмульсии и способа проявления. Согласно приведенным выше результатам измерения шумов нет надобности увеличивать масштаб изображения, если градиенты на нем не менее, чем для $0.2 D/мм$ для эмульсии 103аО и $0.08 D/мм$ — для 111аJ. Однако максимальные градиенты в 50 — 100 раз больше (см. выше), и необходимо увеличение изображения.

Очевидно, максимальный масштаб увеличения нужен для максимального градиента и минимального значения шума. При увеличении масштаба без изменения контраста изображения величина максимального градиента уменьшается обратно пропорционально коэффициенту увеличения, как это показано на рис. 2 для градиентов $10.0 D/мм$ (кривая 1) и для $20.0 D/мм$ (кривая 2). В то же время увеличение масштаба изображения приводит к эквивалентному уменьшению размера растр-элемента относительно негатива и соответственно к росту величины шума пропорционально увеличению масштаба. Это показано на рис. 2 прямыми 3 и 4 для эмульсии 103аО, имеющей шум $0.02 D$, и 111аJ, имеющей шум $0.008 D$. Пересечение зависимостей градиента и шума от масштаба изображения дает искомый коэффициент увеличения. Так, для эмульсии 103аО при растре 0.1×0.1 мм и максимальном градиенте $10.0 D/мм$ необходимо увеличение в 22 раза, а для градиента $20.0 D/мм$ — в 32 раза. Градиент $20.0 D/мм$, по-видимому, максимально возможный для эмульсии 103аО при самом лучшем качестве изображения для короткофокусного телескопа. На эмульсии 111аJ для

градиента $10.0 D/\text{мм}$ необходимо увеличение в 35 раз, а для $20.0 D/\text{мм}$ — в 50 раз. Градиент $20.0 D/\text{мм}$ и для эмульсии 111aJ также близок к максимально возможному, так как на реальных астрономических изображениях величина градиента ограничивается не столько разрешением и контрастом фотоэмульсии, сколько разрешением системы «атмосфера плюс оптика телескопа».

Увеличение масштаба изображения не устраняет и не уменьшает градиентных ошибок, связанных с ограниченностью разрешения системы, формирующей изображение [10]. Увеличение лишь позволяет исследовать эти ошибки методом эквиденситометрии с точностью до шумов. Полученные выше коэффициенты увеличения используются для исследования функции рассеяния системы, формирующей изображение (атмосфера, оптика телескопа, фотоэмульсия), и в задаче разделения звезд и звездообразных объектов по величине градиента почернения методом эквиденсит. Обычно градиенты много меньше $10.0 D/\text{мм}$, а средняя величина шума в 2—3 раза больше минимальной. Поэтому на практике часто достаточно 5—10-кратного увеличения.

Влияние фотографических шумов на точность построения изофот подробно исследовано в работах [7, 8]. Все результаты этих работ верны как для обычной, так и для растровой эквиденситометрии. В растровой эквиденситометрии из-за шумов также наблюдаются эффекты размытия изоденс, отклонения изоденсы от изофоты, образование ложных изофот и ограничение числа хорошо различимых изоденс. Остановимся только на последнем эффекте. По нашим измерениям число объективно различимых градаций с шагом в одно значение шума при элементе 0.1×0.1 мм в диапазоне от 0 до $3.0 D$ для эмульсии 103aO достигает 100, а для 111aJ — более 200. Как известно, хорошо разделяющиеся изоденсы можно построить с шагом в утроенное значение шума с вероятностью соответствия их разным изофотам 99% [7, 8]. Таким образом, для эмульсии 103aO можно построить до 35 хорошо разделяющихся изоденс, а для 111aJ — более 70.

Увеличение изображения в 10 раз приводит к уменьшению размера растр-элемента относительно негатива до 0.01×0.01 мм и к 10-кратному увеличению шума. В этом случае для того же диапазона плотностей на эмульсии 103aO можно получить только 3-4 хорошо разделяющиеся изоденсы, а для 111aJ — 7-8 изоденс. Разумеется, при этом небольшое число изоденс будет более детально описывать пространственную структуру изучаемого объекта. Если идти в сторону увеличения растр-элемента за пределы 0.1×0.1 мм, то ценой потери мелких деталей число изоденс растет медленней, чем размер элемента. Более того, для элемента больше 0.1×0.1 мм макрошумы становятся преобладающими. Поэтому растет вероятность построения ложных изофот, т. е. изоденс, отражающих крупномасштабные шумовые флуктуации плотности на негативе, никак не связанные с распределением яркости для изучаемого объекта.

В некоторых случаях возможно построить и разделить изоденсы в два или одно значение шума. Однако вероятность их соответствия различным изофотам при случайном характере шума равна соответственно 95 и 68%. Мы говорим только о вероятности соответствия изоденс некоторым различным изофотам, находящимся в интервале между соседними изоденсами. Вероятность точного соответствия изоденсы, определенной по калибровке, изофоте равна нулю во всех реальных системах, обладающих шумами. Далее мы неоднократно будем давать вероятностные оценки соответствия построенных изоденс различным изофотам, считая фотографические шумы случайными, что верно по меньшей мере в первом приближении.

3. Особенности снимков первичного фокуса БТА. Снимки, полученные в 24-м первичном фокусе 6-м телескопа БТА, имеют линейный диаметр рабочего поля 95 мм и угловой диаметр 13'. Масштаб — 0.12 мм на 1."0. Минимальный диаметр изображений звезд ~ 0.1 мм. Максимальные гради-

деляется 3-4 изоденсы. Из более чем 17 оригинальных изоденс при совмещении нами взято 6 для объекта и 15 для ореола яркой звезды. Размер растр-элемента на негативе 0.2×0.2 мм. Интервал для изоденс взят более трех значений шума, за исключением двух изоденс, ближайших к фону. Вероятность соответствия изоденс разным изофотам более 99%. После совмещения изофотограмма увеличена в 2.5 раза. Несмотря на грубый

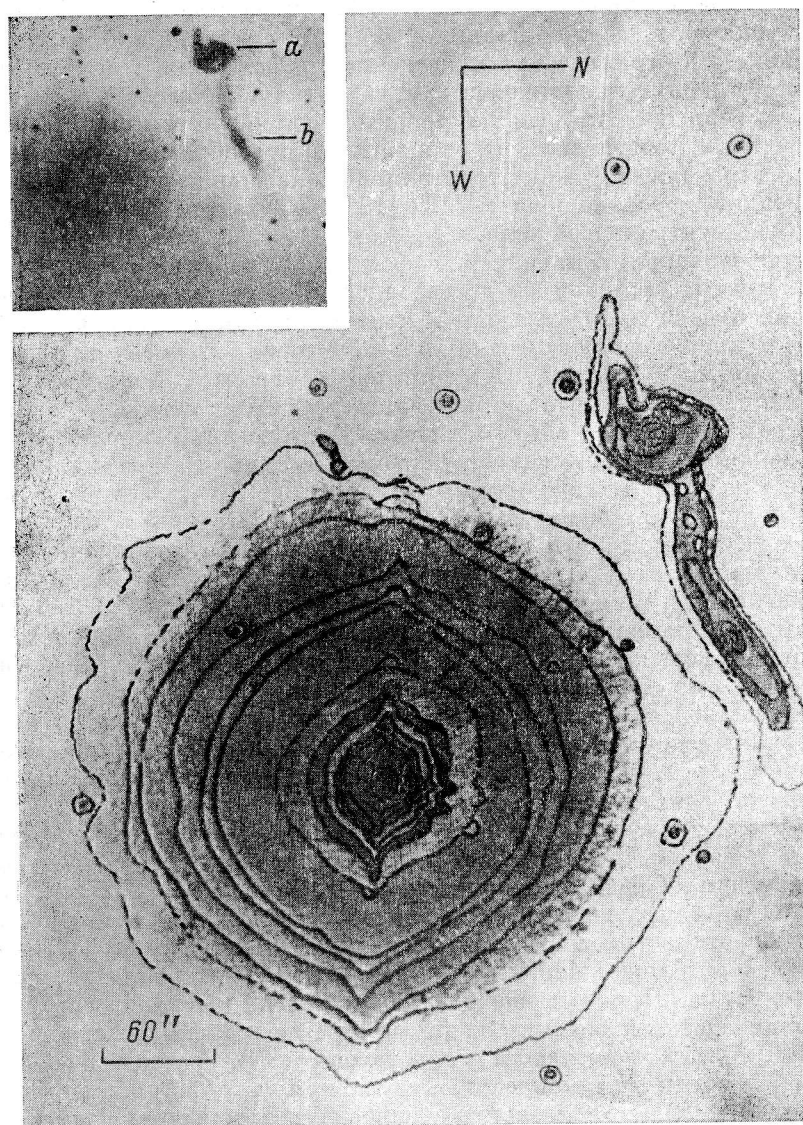


Рис. 3. Объект VV51 и его изофотограмма.

растр, оригинальные изоденсы в сумме содержат все детали объекта, заметные на негативе. Ореолы на растровых эквиденситах прослеживаются гораздо дальше, чем на негативе.

Изофоты показывают, что центр компонента *a* объекта VV51 представляет собой яркое звездообразное ядро. По градиенту яркости ядро мало отличается от изображений звезд. К югу ядро имеет яркий выброс, от которого на восток уходит короткая спираль, богатая яркими конденсациями. От слабого сгущения, расположенного на расстоянии $20''$ от центра

к югу, параллельно короткой спирали, к востоку уходит длинная слабая спираль, сливаясь с фоном на расстоянии 2/0 от ядра. На северной стороне ядра двоящаяся спираль уходит из протяженного образования размером 3—4'', находящегося на расстоянии 10/0 от центра ядра. Одна часть этой спирали образует дугообразную перемычку, заканчивающуюся у короткой южной спирали слабым сгущением, из которого уходит уже упомянутая длинная слабая спираль. Вторая часть северной спирали весьма малой яркости уходит к западу, сливаясь с фоном на расстоянии 1/3 от ядра.

Центральная часть компонента *b* состоит из 3-4 слившихся ярких сгущений. Интегральное распределение яркости для этого объекта напоминает вытянутую эллиптическую галактику, видимую с ребра. Компонент *b* соединен со вторым компонентом слабой перемычкой, состоящей из отдельных конденсаций и доходящей до дугообразной спирали компонента *a*. Продолжение этой перемычки на запад также содержит отдельные конденсации, вероятно области II II [13], и сливается с фоном на расстоянии 1/0 от центрального тела.

Самая внешняя, ближайшая к фону изофота, не отмеченная на изофотограмме из-за малой ее достоверности, пересекается с аналогичной изофотой ореола яркой звезды. На изофотограмме ореола яркой звезды нанесены 15 изоденс с интервалом в 2—3 значения шума. Звезда находится на расстоянии 3/5 от объекта. Ее изофотограмма, полученная вместе с объектом, — наглядный пример фотометрических искажений, вносимых соседством ярких и слабых объектов. Исследование причин появления столь мощного и протяженного ореола выходит за рамки настоящей работы. Следует лишь отметить, что на снимке 5-м телескопа этот ореол более мощный и перекрывает объект.

На рис. 4 представлен объект VV243 (Арп 195) с увеличением в 4 раза относительно негатива и его изофотограмма с увеличением в 18 раз. Снимок получен на БТА с экспозицией 26 мин на эмульсии 103aO без фильтра. Качество изображения 2/0. Арпом сделан снимок этого объекта на 5-м телескопе с экспозицией 30 мин на эмульсии 103aD без фильтра. Качество изображения на его снимке несколько лучше 1/5. Предельные величины на снимках БТА и 5-м телескопа практически совпадают, но второй снимок несколько передержан. Поэтому на снимке БТА лучше разрешаются компоненты объекта. Особенно четко выделяется яркое звездообразное ядро компонента *a* и кольцо вокруг него.

Изофотометрическая обработка сделана так же, как для предыдущего снимка. Четыре ступенчатые копии и растровые эквиденситы выполнены с увеличением в 4 раза. Размер раstra на негативе 0.05×0.05 мм. При совмещении из 14 изоденс взято 12 со средним интервалом в утроенное значение шума и вероятностью соответствия их разным изофотам 99%. Последние три изоденсы, ближайšie к фону, построены с интервалом в удвоенное значение шума. При совмещении мы не смогли воспроизвести изофоты для мелких деталей объекта, видимые на оригинальных растровых эквиденситах. После совмещения изофотограмма увеличена в 4.5 раза.

К морфологическому описанию, сделанному Б. А. Воронцовым-Вельяминовым [3], можно добавить следующее: компонент *a* имеет яркое звездообразное ядро, по градиенту яркости не отличающееся от звезд. Ядро окружено достаточно ярким кольцом с размером 15/0 по большой оси и 10/0 — по малой. Большая ось ориентирована с северо-запада на юго-восток. Из неярких сгущений на кольце по концам этой оси выходят S-образные спирали, яркий компонент на южной спирали, судя по градиенту яркости, — звезда поля. Объект имеет протяженный ореол, в котором «тонут» все спирали. Изофота, ближайшая к фону, отличается от него по яркости не более чем на 3%.

На рис. 5 представлен объект VV528 с 4-кратным увеличением относительно негатива и его изофотограмма с 18-кратным увеличением. Снимок получен на БТА с экспозицией 20 мин на эмульсии 11aO без фильтра.



Рис. 4. Объект VV243 и его изофотограмма.

Качество изображения 2/5. Экспозиция оптимальна для спиралей и слабых деталей объекта, но яркая центральная часть передержана. Крупномасштабных снимков данного объекта до этого не было.

В отличие от предыдущих случаев четыре ступенчатые копии при получении растровых эквиденсит были увеличены в 6 раз. Размер растр-

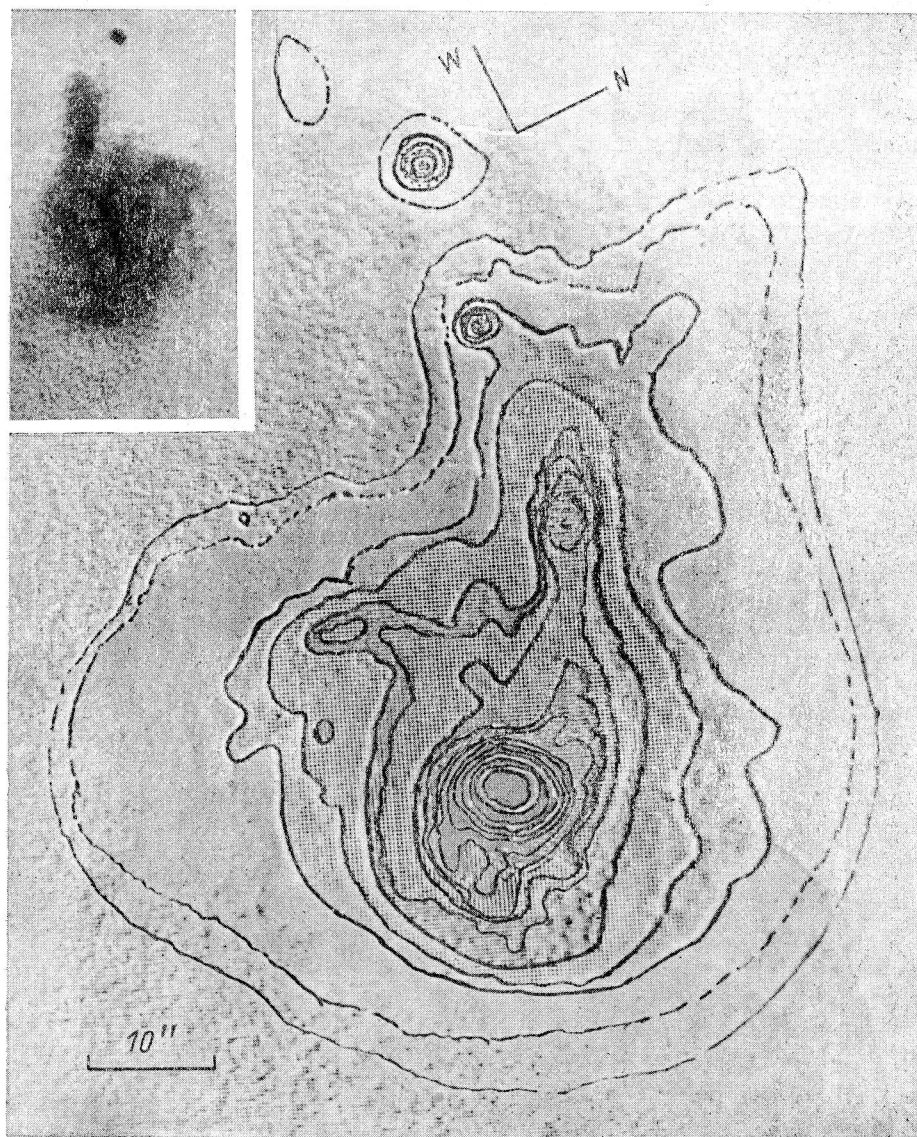


Рис. 5. Объект VV528 и его изофотограмма.

элемента, приведенный к негативу, — 0.03×0.03 мм. Из 15 изоденс на оригинальных растровых эквиденситах при совмещении выбрано 14. Изоденсы построены со средним интервалом 2—2.5 значения шума, что обеспечивает более чем на 95% вероятность соответствия их разным изофотам. Для изоденсы центральной части объекта кроме шумовых отличий изоденс от изофот возможны градиентные искажения. После совмещения изофотограмма увеличена еще в 3 раза.

Морфологическое описание этого объекта, составленное по фотографии из Паломарского атласа [13] и по снимку БТА, совершенно различно. Объект VV528 является галактикой с S-образными спиралью, выходящими из аномально яркого ядра. На одну из спиралей наложена эллипти-

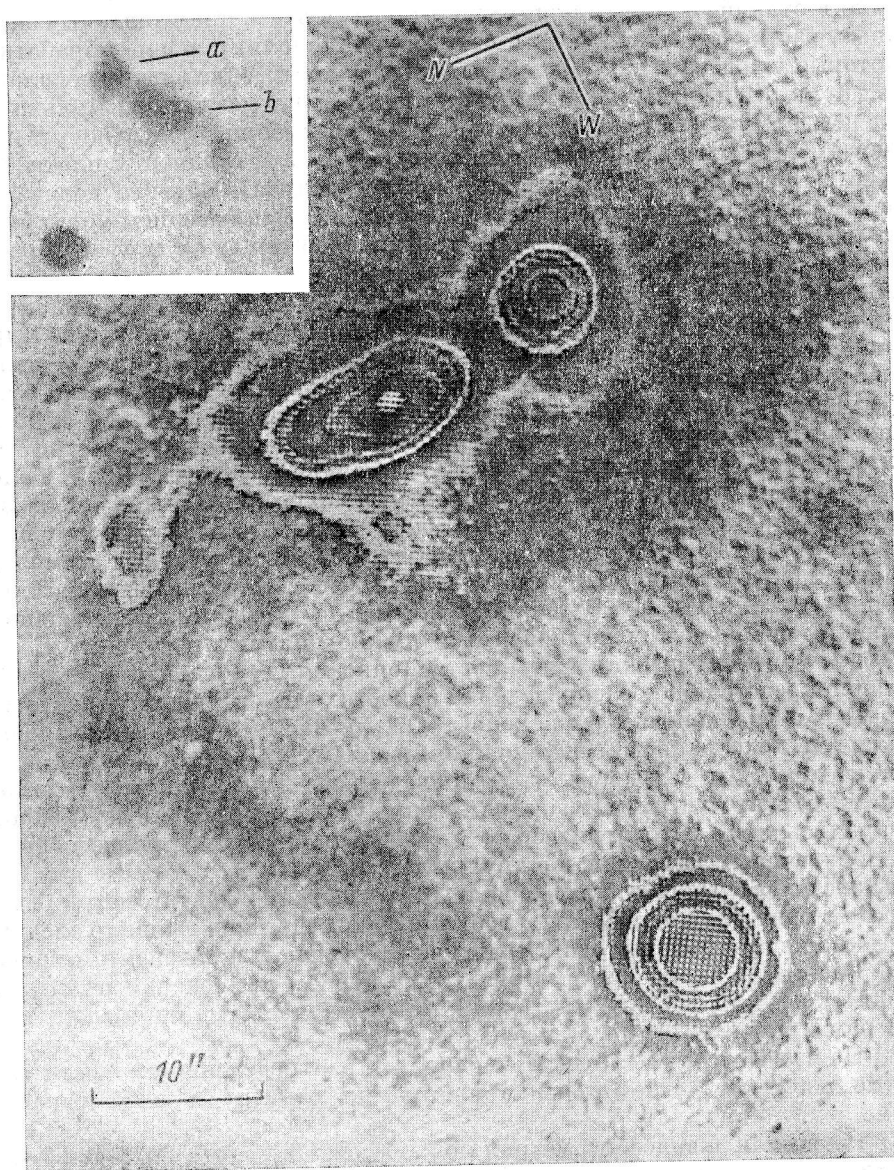


Рис. 6. Объект VV711 и его изофотограмма.

ческая галактика с интегральной яркостью $20^m.0 \pm 1^m.0$. По-видимому, этот объект можно исключить из числа взаимодействующих галактик. Судя по богатой и протяженной спиральной структуре и аномально яркому ядру, объект может быть пекулярной галактикой. Интересно было бы получить спектр ядра и наложенной галактики.

На рис. 6 представлены объект VV711 с 4-кратным увеличением относительно негатива и его изофотограмма с увеличением в 24 раза. Снимок получен на БТА с экспозицией 15 мин на эмульсии 103аО без фильтра.

Качество изображения 1^{1/5}. Экспозиция велика для центральных компонентов объекта и мала для спиралей. Крупномасштабных фотографий объекта до этого не было.

Обработка проводилась подобно предыдущему снимку. С трех ступенчатых копий при увеличении в 6 раз получены растровые эквиденситы. Однако в отличие от предыдущих изофотограмм здесь представлены совмещенные растровые эквиденситы без всякой дополнительной обработки. Некоторые изоденсы на оригинальных растровых эквиденситах налагались, и из 10 изоденс на изофотограмме хорошо различимы только 8. Изоденсы располагаются в среднем через 2-3 значения шума. Однако для данного объекта масштаб в 24-м фокусе БГА мал, а градиенты плотности велики. Поэтому несоответствие изоденс изофотам объекта возникает главным образом из-за градиентных ошибок [8]. Исключением могут быть лишь две изоденсы, ближайšie к фону, отличие которых от изофот определяется только шумами негатива.

Анализ снимка и изофотограммы показывает, что это пара галактик с яркими ядрами и слабо выраженной спиральной структурой. Ядро компонента *a* звездообразное, но по градиенту яркости оно существенно отличается от звезд. Спиральная структура этого компонента выражена слабо. Нет и явно выраженных признаков взаимодействия со вторым компонентом *b*. Этот компонент протяженный и, возможно, состоит из двух компонентов различной яркости. Спиральная структура его более ярко выражена. Спирали у обоих компонентов простираются на 1—1.5 к западу, в сторону яркой звезды, и в 3—4 раза меньше — в другую сторону. Спирали содержат слабые по яркости протяженные сгущения, возможно области Н II. Оба компонента имеют общий ореол, который может возникнуть и вследствие инструментального рассеяния света. Для однозначного выяснения связи между компонентами нужно получить их спектры.

Кроме морфологических особенностей, описанных выше, изофотограммы наглядно представляют распределение яркости для объектов с точностью до шумов и градиентных искажений. Отсутствие надежной калибровки снимков не позволило нам измерить интегральные яркости объектов и их компонентов. Мы надеемся, что приведенное выше морфологическое описание объектов и их изофотограммы будут полезны для дальнейших спектральных и фотометрических исследований этих интереснейших и малоизученных галактик на крупных телескопах.

Заключение. Первое применение растровой эквиденситометрии для изофотометрической обработки астрономических снимков выявило следующие достоинства этого метода в сравнении с обычной эквиденситометрией.

1. Растровая эквиденситометрия уже в первом применении позволила сократить в 3—4 раза затраты труда и фотоматериалов на построение изофотограмм объектов.

2. На изофотограмме объекта со сложным распределением яркости различные изоденсы четко отождествляются по размеру и конфигурации растра.

3. Растровая эквиденситометрия может успешно применяться для фотометрии сильно «зашумленных» изображений с малыми градиентами яркости, где обычная эквиденситометрия неудовлетворительна.

Растровая эквиденситометрия может более успешно применяться во всех астрономических приложениях, где используется обычная эквиденситометрия. Особенно эффективен этот метод для изофотометрии крупномасштабных снимков, получаемых на больших телескопах.

Поступила в редакцию
06.10.78

Список литературы

1. К р у г В., В а й д е Г.-Г. Применение научной фотографии. М., «Мир», 1975.
2. L a u E., K r u g W., Die Äquidensitometrie. Grundlagen, Verfahren und Anwendungsgebiete. Berlin, 1957.
3. L a u E., K r u g W. The Equidensitometry. Methods of Twodimensional Photometry, Principles and Fields of Applications. London, New York, 1968.
4. Х е г н е р В., Р и х т е р Н. О технике получения фотографических эквиденсит. — Йенское обозрение, 1969, № 6, с. 340—345.
5. Б р е й д о И. И., Е р м о ш и н а К. П. Построение изофот протяженных небесных объектов фотографическим методом эквиденсит. — Астрон. ж., 1968, 45, с. 865—874.
6. В л а д и м и р о в С. Б. Усовершенствованный метод получения эквиденсит. — Астрон. циркуляр, 1977, № 977, с. 5—7.
7. Ш а б а н о в М. Ф. Цифровые и электронно-аналоговые методы изофотометрической обработки астрономических фотографий. — Астрон. ж., 1975, вып. 2, 52, с. 404—414.
8. Ш а б а н о в М. Ф. Цифровые и электронно-аналоговые методы обработки фотографий протяженных астрономических объектов. Канд. дис. М., Гос. астрон. ин-т им. Штернберга, 1976.
9. А н т р о п о в а Л. Г., Р ы л о в В. С., Ш а б а н о в М. Ф., У з д е н о в А. Ч. Цифровой метод обработки спектросенситограмм для исследования астрономических фотоэмульсий. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО АН СССР), 1976, 8, с. 64—68.
10. Ш а б а н о в М. Ф. Ошибки фотографической фотометрии для изображений с большим градиентом яркости. — Астрон. циркуляр, 1974, № 838, с. 5—7.
11. К о р о в я к о в с к и й Ю. П., Ш а б а н о в М. Ф. Предварительные результаты определения проникающей силы БТА. — Оптико-мех. пром-сть, 1978, № 5, с. 15—18.
12. Ш а б а н о в М. Ф. Астрономическая фотография. — Отчет САО АН СССР, 1979.
13. V o r o n t s o v - V e l y a m i n o v В. А. Atlas of interacting galaxies. Part II and the concept of fragmentation of galaxies. — Astron. Astrophys., 1977.
14. A r p Н. Atlas of peculiar Galaxies, California, 1966.