

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИКИ РАН)

Пр-2179

*Леонид Иванович*  
**МАТВЕЕНКО**

# **МНОГОЛИКОЕ ЕДИНСТВО**

Представлено к печати  
заместителем директора ИКИ РАН  
Р. Р. Назировым

**МОСКВА**  
**2016**

**Multiface unity**  
**Leonid I. Matveyenko**  
 lmatveenko@gmail.com

The suprefine structure of the active regions of star formation in Orion KL, and a several of galaxies are considered. The vortex nature of their kinematics is established, and corresponds to the whirlwinds observed in a bay of Laspy, the Crimea. Instability of progressive movement leads to a turbulence and inflows of the matter onto the disk, and is transferred in a spiral to the center. Excess angular momentum is carried away in process of its accumulation by a bipolar stream. The Keplerian movement of peripheral part of a whirlwind turns into rigid body rotation. The rest of substance drops out in the center on the formed massive body. The ejecting bipolar streams represent the rotating coaxial tubes. Interaction with environment collimates and accelerates streams. The gravitational field of the central body accelerates and stabilizes formation of structure. In case of the electroconductive medium — plasma the rotary motion excites ring currents in a disk and streams and aligned magnetic fields. The radial component of the movement defines a ring component of magnetic fields. Kinetic energy of the matter partially passes into the magnetic energy. The rotary component prevails. The magnetic fields accelerate and stabilize system in addition.

The jet and the counterjet with “frozen” magnetic fields are moving along and against of the magnetic field of the system that accelerates one of streams — jet and brakes counterjet. The ejection velocity of streams from active galaxies nuclei doesn't exceed  $0.1c$ . However, at distance about  $\leq 2$  ps occur acceleration of the jet until the visible velocity exceeding velocity of light. Perhaps the superluminality is results of the movement of a source with near light velocity in the direction of the observer, but this imposes other problems. The effect of a refraction is more probable cause when radio waves are propagating through surrounding thermal plasma.

Size of the Orion KL rigid body rotating disk of is equal 8 AU, and the rotation period is around 170 days. The ejection velocity of a bipolar stream (molecules of the water vapor) is equal to  $\sim 5$  km/s and further at distance an  $\sim 1$  A. U. increases to  $\sim 50$  km/s. The velocity of the molecules of hydrogen, having smaller molecular weight than the water molecular, is significantly higher, that defines a collisions pumping of the maser radiation. Maser sources located in the peripheral region of the NGC 4258 galaxy have Keplerian movement, and rigid body rotation in the central part of a disk, diameter of which is equal  $\sim 0.02$  pc, and the rotation period  $T \approx 750$  years. Kinematics of the studied objects AGN: the M 87, 1803+784, 3C 345, 3C 454.3 NGC 4258 and Cyg A — similar and corresponds to the vortex nature. The Seyfert galaxy of NGC 1275, a radio source 3C 84 is double system.

*Keywords:* structure of active galactic nuclei, jets, maser sources, whirlwinds.

**Многоликое единство**  
**Леонид Иванович Матвеев**

Рассмотрена сверхтонкая структура активных областей звёздообразования в Орионе КЛ и ряда галактик. Кинематика соответствует вихревой природе и соответствует смерчам, наблюдавшимся в бухте Ласпи (Крым). Неустойчивость поступательного движения приводит к завихрению, поступлению вещества на диск и претеканию по спирали к центру. Избыточный угловой момент уносится по мере его накопления биполярным потоком. Кеплеровское движение периферийной части вихря переходит в твёрдотельное вращение. Остаток вещества выпадает в центре на формирующееся массивное тело. Эжектированные биполярные потоки представляют собой вращающиеся коаксиальные трубки. Взаимодействие с окружающей средой коллимирует и ускоряет потоки. Гравитационное поле центрального тела ускоряет и стабилизирует формирование структуры.

В случае электропроводящей среды — плазмы вращательное движение в диске и потоках возбуждает кольцевые токи — продольные магнитные поля. Поступательная составляющая движения определяет кольцевую составляющую магнитных полей. Кинетическая энергия вещества частично переходит в магнитную. Вращательная составляющая преобладает. Магнитные поля дополнительно ускоряют и стабилизируют систему.

Движение джета и контрджета с «замороженными» полями происходит по/или против поля, что ускоряет один из потоков — джет и тормозит контрджет. Скорость эжекции потоков из активных ядер галактик не превышает  $0,1c$ . Однако на расстоянии порядка  $\leq 2$  пк происходит ускорение джета до видимых скоростей, превышающих скорость света. Вероятно, сверхсветовые скорости определяются движением источника с около световой скоростью в направлении наблюдателя, но это вызывает другие проблемы. Более вероятной причиной является эффект рефракции при прохождении радиоволн через окружающую тепловую плазму.

Размеры твёрдотельно вращающегося диска в Орионе КЛ достигают 8 а.е., а период обращения  $\sim 170$  дням. Скорость эжектирования биполярного потока (молекул водяного пара)  $\sim 5$  км/с и далее на расстоянии  $\sim 1$  а.е. возрастает до  $\sim 50$  км/с. При этом скорость молекул водорода, имеющих меньшую молекулярную массу, чем водяного пара, существенно выше, что определяет столкновительную накачку мазерного излучения. В галактике NGC 4258 мазерные источники периферийной области соответствуют кеплеровскому движению, переходящему в твёрдотельное вращение в центральной части диска, диаметром  $\sim 0,02$  пк и периодом обращения  $T \approx 750$  лет. Кинематика исследованных объектов АГН: М 87, 1803+784, 3С 345, 3С 454.3 NGC 4258 и Лебедь А — аналогична и соответствует вихревой природе. В Сейфертовской галактике NGC 1275, радиоисточник 3С 84 установлена двойная система.

*Ключевые слова:* структура активных ядер галактик, джетов, мазерных источников, вихри.

## ВВЕДЕНИЕ

Структура исследуемого объекта — его изображение является наиболее полным источником информации о его природе и протекающих в нем процессах. Это в полной мере относится и к объектам Вселенной. Информативность изображения определяется угловым разрешением. Особенно это относится к компактным квазизвёздным объектам — квазарам. Их природа во многом оставалась загадочной и недоступной для прямых исследований, тем более в диапазоне радиоволн. Метод сверхдальней радиоинтерферометрии (РСДБ) позволил преодолеть эту трудность [Матвеевко и др., 1965]. Угловое разрешение достигало миллисекунд дуги, были обнаружены выбросы релятивистской плазмы с видимыми скоростями, превышающими скорость света, определены предельные яркостные температуры  $T_b \approx 10^{12}$  К [Матвеевко, 1983]. Но проблемы источника потока плазмы, её разогрев до релятивистских температур, эжекции с видимыми сверхсветовыми скоростями, во многом оставались неразрешёнными и списывались на загадочные чёрные дыры. Для решения этих проблем были необходимы сверхвысокие угловые разрешения до микросекунд дуги. Совершенствование методов РСДБ-измерений, повышение чувствительности элементов РСДБ-сетей, методов обработки данных позволили достигнуть предельных угловых разрешений, достигающих десятков микросекунд дуги. Квазары окружены тепловой плазмой, прозрачность которой ограничивает видимость их ядер в длинноволновой части сантиметровых — дециметровых радиоволн. Определённые ограничения накладывает и межзвёздная среда, рассеивающая проходящее радиоизлучение. Угол рассеяния в секундах дуги соответствует  $\theta_{sc} \approx 10^{-6} \lambda^2 |\sin b|^{-0,5}$ , где  $\lambda$  выражена в [см];  $b$  — галактическая широта. Для волны 1 см угол рассеяния соответствует  $\sim 1$  мкс дуги. На малых галактических широтах  $|b| < 10^\circ$  рассеяние резко возрастает из-за влияния среды рукавов Галактики. Однако

на коротких радиоволнах ограничение, определяется чувствительностью элементов интерферометра отношением сигнал/шум определяемым соотношением  $\{(T_{a1} T_{a2}) / (T_{sys1} T_{sys2})\}^{0,5}$ , где  $T_a$  — приращение температуры антенны при наведении на исследуемый источник;  $T_{sys}$  — полная шумовая температура системы.

Развитие техники, включая создание малошумящих усилителей мазерного типа, строительство крупных прецизионных антенн, позволили достигнуть предельной чувствительности даже на миллиметровых волнах. Строительство Национальной радиоастрономической обсерваторией в Сокорро (округ в штате Нью-Мексико, США) специализированной системы VLBA (Very Long Baseline Array — американская система интерферометра со сверхдлинной базой) открыло уникальные возможности исследований тонкой структуры радиоисточников в широком спектре радиоволн, включая миллиметровые. В настоящее время достигнуто угловое разрешение, достигающее 10 мкс дуги. Это разрешение соответствует углу, под которым видна орбита электрона в атоме водорода с расстояния, превышающего 1 м. «РадиоАстрон», элемент на орбите Земли, преодолел ограничение разрешения, определяемого и размерами Земли. Открыты широкие возможности для исследования сверхтонкой структуры ядер основных объектов Вселенной — галактик. Открытие мощного мазерного излучения в линиях гидроксила на волне 18 см [Weaver et al., 1965] и водяного пара на волне 1,35 см [Cheung et al., 1969], сопутствующих формированию звёзд и планетных систем [Шкловский, 1966] позволило исследовать тонкую структуру активных областей, что существенно продвинуло наши представления о протекающих в них процессах.

Зарождение галактик — относится к началу формирования материи. Движение материи сопровождается образованием вихрей, в которых вещество движется по спиральной траектории к центру. По мере движения происходит выброс биполярного потока, уносящего избыточный угловой момент. Остаточное вещество выпадает на центральное массивное тело — чёрную дыру, гравитационное поле которой ускоряет и стабилизирует формирование системы. Центральные области — ядра, протекающие в них процессы, во многом оставались загадкой, что связано с их компактностью. Амбарцумян В.А. считал, что начало формирования звёзд связано с процессами отличными от гравитационной неустойчивости, но каковы они, вопрос оставался открытым [Ambartsumyan, 1953]. Ниже рассмотрены основные наблюдательные данные о сверхтонкой структуре ряда галактик с активными ядрами и областей формирования звёзд.

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрим особенности тонкой структуры активных ядер ряда галактик 3C 84, 3C 345, 3C 454.3, 1803+784, M 87, NGC 4258 и Леб А; областей звездообразования Орион КЛ и W3 ОН. Их объединяет вихревая природа подобная смерчам, наблюдаемым над поверхностью моря. Рассмотрим особенности этих объектов.

### 1. Смерч

Неустойчивость поступательного движения воздушных потоков, в частности, над поверхностью моря, приводит к образованию вихрей. Водяные капли «высвечивают» структуру вихря, кинематику развития процесса. Воздушный поток поступает к вихрю и перетекает по спирали к его центру. Скорость кругового движения потока нарастает экспоненциально и существенно превышает радиальную составляющую. По мере накопления избыточного углового момента происходит выброс вещества в направлении оси вращения. В результате образуются коаксиальные трубки — венчики, окружающие центральный высокоскоростной поток. Высота венчиков растёт по мере приближения к центру, что определяется повышением их скорости (рис. 1*a*). В одном из случаев наблюдаются «усики» — тангенциальные направления близлежащего низкоскоростного потока (см. рис. 1*c*). Аналогичная трёхэлементная телескопическая коаксиальная структура показана на рис. 1*b*. Двусторонний выброс наблюдается в вихрях, образующихся на большой высоте (см. рис. 1*d*). Взаимодействие с окружающей средой коллимирует и ускоряет вращающиеся потоки и соответствует газодинамическому решению [Абрамян, Матвеевко, 2012]. Время жизни смерча обычно не превышает десятка минут. Аналогичное явление наблюдается в активной области звездообразования в Орионе КЛ. Рассмотрим его особенности.

### 2. Орион КЛ

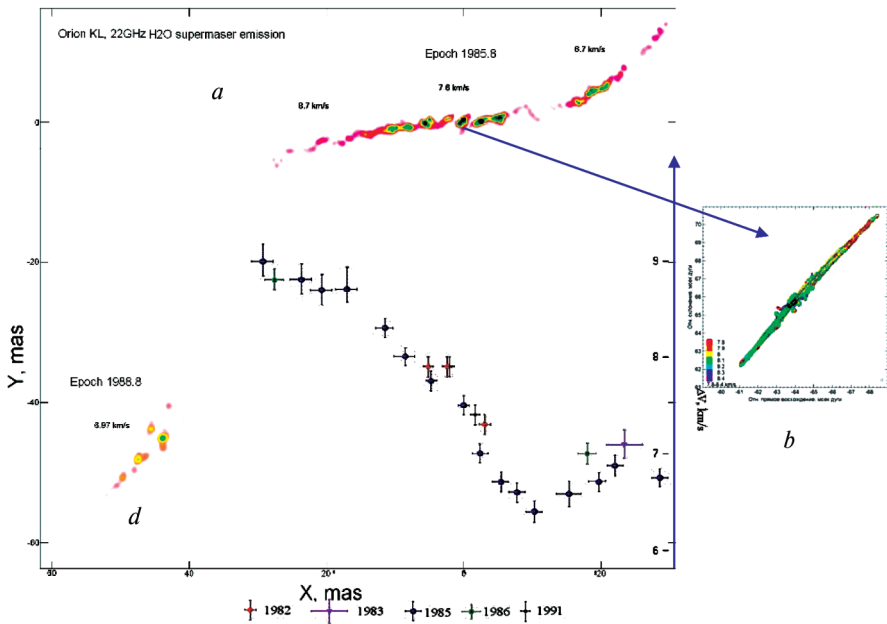
Вихревая структура наблюдается в плотном молекулярном облаке ОМС-1 газопылевого комплекса туманности Ориона. Расстояние до туманности около 500 пк и 1 мс дуги соответствует 0,5 а. е. Температура газа не превышает нескольких десятков градусов Кельвина. Мощное мазерное излучение молекул водяного пара, сопутствующее процессам образования звёзд и планетных систем, выделяет тонкую структуру активной области.



**Рис. 1.** Смерчи, бухта Ласпи (Крым) (*a–c*). Центральные высокоскоростные потоки окружены низкоскоростными — венчиками. Высота венчиков нарастает по мере приближения к центру. «Усики» — тангенциальные направления полупрозрачной стенки низкоскоростного потока (*c*); вид смерча сверху (*d*)

**Fig. 1.** Whirlwinds, bay of Laspy, the Crimea. The central high-velocity outflows is surrounded by the low-velocity nimbuses (*a, b*). Height of the outflows increases in process of approach to the center. “Short moustaches” — the tangential directions of a wall of a low-velocity outflow (*c*). Whirlwind visibility from high height (*d*)

Спектральные измерения в линиях водяного пара  $\lambda = 1,35$  см позволили выделить и определить тонкую трёхмерную структуру активной области и её кинематику [Берк, 1973; Burke et al., 1971]. Обнаружена высокоорганизованная структура, представляющая собой цепочку компактных компонент, распределённых вдоль S-образной вытянутой составляющей, соответствующей искривлённому диску, наблюдаемому с ребра (рис. 2). Размеры диска — вихря достигают 28 а. е.



**Рис. 2.** Структура области звездообразования в Орионе КЛ, разрешение  $\varphi = 0,1$  мс дуги. S-образная структура — диск, наблюдаемый с ребра (верхняя часть, *a*), и двусторонний выброс в увеличенном масштабе (*b*). Скорости компактных вкраплений диска — тангенциальных направлений рукавов — соответствуют твёрдотельному вращению. В ЮВ-части наблюдается фрагмент выброса (*d*)

**Fig. 2.** Structure of star formation region in Orion KL, resolution  $\varphi = 0.1$  mas. S-shaped structure — the disk observed from an edge, and bipolar outflow in the increased scale. Compact components in a disk — the tangential directions of arms. Their velocity correspond to rigid body rotation. The radial component of velocity of outflows is equal to  $\pm 0.15$  km/s. In SE part the fragment of outflow is observed

Окружающее вещество газопылевого комплекса поступает на диск, перетекает по спиральной траектории к центру, тангенциальные направления которой соответствуют цепочке компактных компонент. Удалённый фрагмент выброса наблюдается в удалённой части ЮВ-направления (см. рис. 2) [Демичев, Матвеевко, 2004; Матвеевко и др., 2004]. Возникающий избыточный угловой момент уносится вращающимся биполярным потоком. Изменение скорости орбитального движения фрагментов вихря показаны в правой нижней части (см. рис. 2а). В результате Кеплеровское движение потока на периферии вихря переходит в твёрдотельное в центральной части диска, диаметром 15 а.е. Период обращения «диска» составляет около 170 лет. Скорость местной системы покоя равна 7.56 км/с. Остаток вещества выпадает на формирующееся центральное тело. Скорость эжекции вещества экспоненциально нарастает по мере приближения к центру. Расстояние между соплами равно 8 мкс дуги или 0,004 а.е. Размеры сопел не превышают 3 мкс дуги или 0,0015 а.е. [Матвеевко, Сиваконь, 2008]. Яркостная температура на выходе сопла в мазерном излучении соответствует  $T_b \approx 10^{19}$  К.

Биполярный поток ориентирован практически в картинной плоскости. Радиальная составляющая скорости двустороннего выброса по лучу зрения не превышает  $\sim 0,15$  км/с. Скорость эжекции потока в картинной плоскости достигает  $v \approx 5$  км/с. Эжектированный поток ускоряется и на расстоянии порядка  $\sim 2$  а.е. его скорость превышает  $v \geq 40$  км/с [Демичев, Матвеевко, 2010]. Скорость молекул водорода в силу отличия молекулярных весов значительно превышает скорость молекул водяного пара, что определяет столкновительную накачку мазерного излучения. Взаимодействие с окружающей средой коллимирует и ускоряет вращающиеся потоки [Абрамян, Матвеевко, 2012]. Вращение потока уширяет линию и соответствует периоду  $\leq 5$  мес [Матвеевко, 2004]. Газодинамическая неустойчивость истечения вещества вызывает прецессию, определяющую коническую спиральную структуру с расходящимся шагом, а реактивное воздействие искривляет диск, придавая ему S-образную форму. Ожидаемый низкоскоростной поток не наблюдается из-за недостаточной скорости для возбуждения мазерного излучения.

## 2а. Газопылевой комплекс W3ОН

Структура области звёздообразования в газопылевом комплексе W3 ОН исследована в основной линии гидроксила на частоте 1665 МГц,  $\lambda = 18$  см [Матвеевко и др., 2014]. Объект W3 ОН распо-



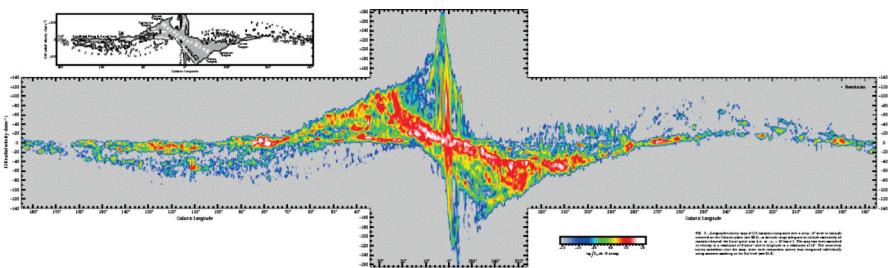
ложен в рукаве Персея на расстоянии 2,2 кпс и наблюдается поперёк рукава, что существенно снижает влияние рассеяния. Наблюдения с предельным угловым разрешением на радиоинтерферометре Уссурийск – Евпатория показали, что минимальные размеры компактных структур  $\sim 2$  мс дуги, а их яркостная температура достигает  $T_b \approx 10^{12}$  К. Получены радиокарты в обеих круговых поляризациях с разрешением от 5 до 200 мс дуги. Угловой размер в 1 мс дуги соответствует 2 а.е. В структурах выделяются два вихря. Компактный источник — звезда, окружённая двумя парами компонент, соответствующих тангенциальным направлениям рукавов, наблюдаемых с ребра. Размер диска достигает  $\sim 260$  а.е. Окружающая среда перетекает по рукавам к центру и эжектируется в виде вращающихся потоков, наблюдаемых на расстоянии до  $10^4$  а.е. Взаимодействие с окружающей средой, ускоряет и коллимирует потоки. Второй вихрь наблюдается в левой круговой поляризации. Яркостная температура центрального компактного источника равна  $T_b \approx 10^{11}$  К. Орбитальная скорость рукавов уменьшается по мере приближения к центру от 0,2 км/с на расстоянии 200 а.е. до 0,1 км/с на расстоянии  $\sim 140$  а.е., что соответствует твёрдотельному вращению. отождествлены положения трёх источников в ортогональных круговых поляризациях и определены расщепления линий. Разнесение по частоте достигает  $\Delta f = \pm 10,6$  кГц, что соответствует магнитному полю  $H = 7,6$  мГс. Ряд источников наблюдаются только в одной поляризации. Рассмотрим основные объекты Вселенной — галактики.

### 3. Галактика

Результаты спектральных исследований в инфракрасном излучении свидетельствуют об аналогичной кинематике нашей Галактики. Кеплеровское движение газа в удалённых частях рукавов переходит в твёрдотельное в центральной части — диске (перемычке), наблюдаемом с ребра. Избыточный угловой момент уносится биполярным потоком, скорость и температура которого растёт по мере приближения к центру (рис. 3, см. с. 10).

### 4. NGC 4258 (M106)

Галактика NGC 4258 относится к сейфертовским и представляет собой двухзаходную спираль с диском (перемычкой),  $z = 0,00154$  (рис. 4, см. с. 11). Расстояние до неё равно  $6,4 \pm 0,9$  Мпк и 1 мс дуги соответствует  $\sim 0,035$  пк.



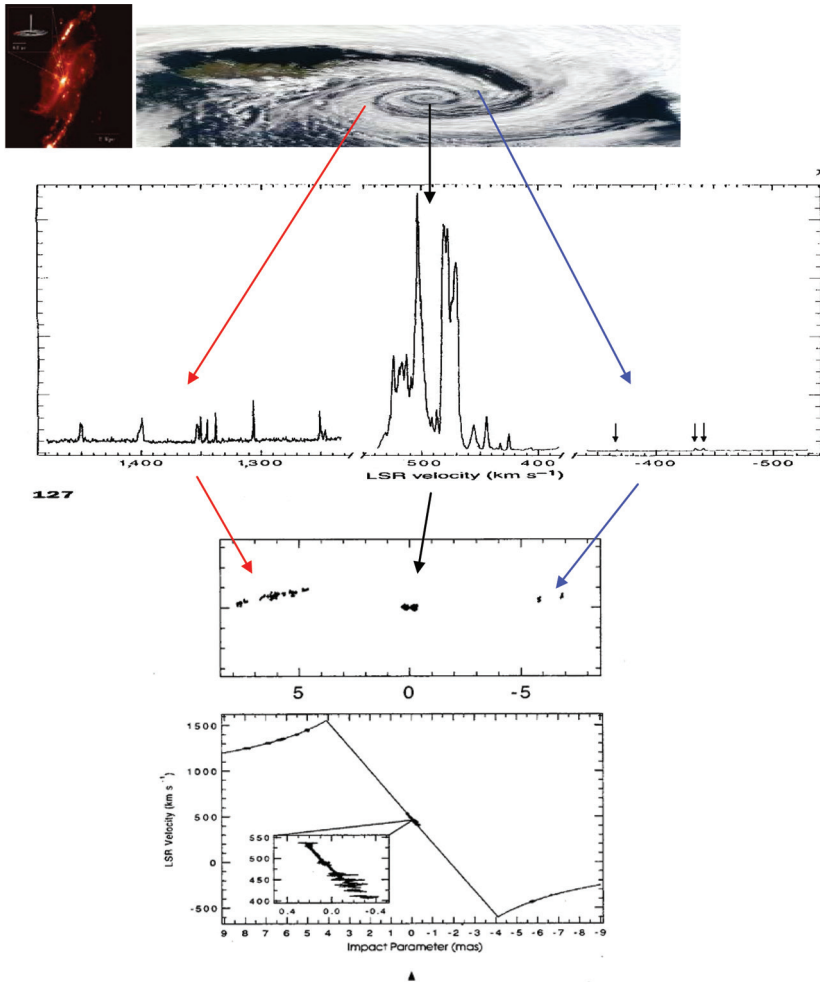
**Рис. 3.** Распределение скоростей газовой составляющей Галактики по данным ИК-излучения. Кеплеровское движение на периферии переходит в твёрдотельное в центральной части и сопровождается выбросом bipolarного потока, уносящего избыточный угловой момент

**Fig. 3.** Distribution of velocities of a gas component of the Galaxy according to IR radiation. The Keplerian movement passes to peripheries in rigid body rotation in the central part, accompanied with emission of the bipolar outflow that is carrying away excess angular momentum

Скорость центральной части соответствует  $472 \pm 4$  км/с. В континууме наблюдается bipolarный выброс, с преобладанием излучения одного из потоков. Истечение потоков определяет твёрдотельное вращение диска, наблюдаемого ребра. Мощное мазерное излучение в линиях водяного пара позволило исследовать тонкую трёхмерную структуру галактики. Мазерное излучение сосредоточено в двух периферийных и основной центральной группе [Greenhill et al., 1995; Miyoshi et al., 1995]. Рассмотрим их особенности.

### *Удалённые группы*

Спектральные линии удалённых частей спектра определяются двумя группами источников — тангенциальными и направлениями потоков рукавов (см. рис. 4). Преобладает излучение удаляющейся левой группы, состоящей примерно из шести компактных источников. Они расположены на расстоянии  $4,5 \leq R \leq 8$  мс дуги или  $0,18 \leq R \leq 0,32$  пк от центра. Скорость удалённого источника группы в местной системе равна  $V_{rot} = 1245 \pm 2$  км/с и соответствует периоду обращения  $T \approx 770$  лет. Скорость внутреннего источника  $V_{rot} = 1450 \pm 2$  км/с и период обращения  $T \approx 700$  лет [Greenhill et al., 1995; Miyoshi et al., 1995]. Излучение правой, приближающейся группы компонент, состоящей из трёх источников, существенно ниже.



**Рис. 4.** Галактика NGC 4258 — двухзаходная спираль (a). Спектр  $\text{H}_2\text{O}$  мазерного излучения, определяется тангенциальными направлениями рукавов (b). Скорость периферийной части соответствует кеплеровскому движению, центральной — твёрдотельному вращению (c) [Матвеевко, 2013; Greenhill et al., 1995; Miyoshi et al., 1995]

**Fig. 4.** NGC 4258 galaxy — a double helix. A range of  $\text{H}_2\text{O}$  of the maser radiation determined by components of the tangential directions of arms. Velocities of radiation of peripheral part corresponds to the Keplerian movement, central — to rigid body rotation [Матвеевко, 2013; Greenhill et al., 1995; Miyoshi et al., 1995]

Компоненты расположены на расстоянии  $5,5 \leq R \leq 6,5$  мс дуги от центра и имеют отрицательные скорости  $v = -(350-450)$  км/с (см. рис. 4). Скорости источников соответствуют кеплеровскому движению вокруг чёрной дыры, массой  $M = 3,6 \cdot 10^7 M_{sun}$ . Среднее время кругового движения источников  $\sim 750$  лет. Средняя радиальная составляющая скорости движения  $V_{rad} \approx 10$  км/с.

### *Центральная группа*

Основное мазерное излучение определяется центральной группой компонент и соответствует тангенциальным направлениям спиральных потоков в области центра — диска [Матвеевко, 2013]. В центре профиля наблюдается провал, разделяющий линии на две группы, соответствующие шести компонентам (см. рис. 4). Интенсивность излучения компонент экспоненциально нарастает по мере приближения к центру с  $\sim 0,4$  до  $\sim 4$  Ян. Ширина линий излучения компонент не превышает  $\Delta v \leq 0,5$  км/с. Скорости компонент лежат в пределах  $55 \leq v \leq 55$  км/с относительно центра профиля  $v_o = 485 \pm 1$  км/с. Это значение уточняет величину скорости местной системы покоя  $v_{LSR} = 472 \pm 4$  км/с [Greenhill et al., 1995]. Источники мазерного излучения распределены вдоль протяжённой структуры, длиной 0,6 мс дуги или  $\sim 0,024$  пк и ориентированной под углом  $83 \pm 2^\circ$ . Мазерные источники являются тангенциальными направлениями двухзаходной спирали [Матвеевко, 2013]. Градиент относительного положения компонент от скорости соответствует  $dp/dv = 3,70 \pm 0,02$  мс дуги/км/с или градиенту скорости  $dv/dp = 7970 \pm 40$  км/с/пк [Greenhill et al., 1995], что предполагает твёрдотельное вращение центральной части диска с периодом  $T \approx 750$  лет [Матвеевко, 2013].

Мазерное излучение центральной группы источников начинается с расстояния  $R = 0,3$  мс дуги или  $\sim 0,01$  пк и экспоненциально нарастает по мере приближения к центру. Накачка мазерного излучения — инфракрасное излучение центральной области. В самом центре происходит срыв мазерного излучения, что определяется повышением плотности и температуры вещества. Размер активной области — размер сопла высокоскоростного потока  $\leq 0,06$  мс дуги или  $\sim 0,002$  пк. Излучение эжектированного потока, наблюдается в континууме.

Мазерное излучение внешней части спиральной структуры с кеплеровским движением определяется столкновительной накачкой — ускорением потоков. Повышенная скорость молекул водорода

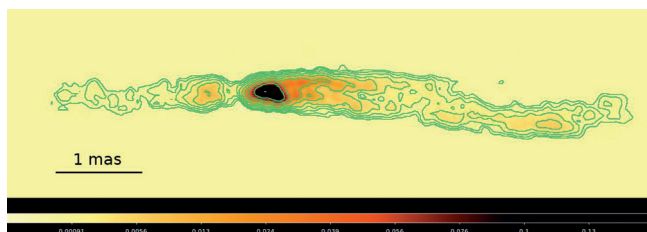
относительно молекул водяного пара определяется значительным отличием их масс. Далее относительная скорость молекул выравнивается — снижается накачка мазерного излучения. При приближении к центру начинает работать радиационная накачка — инфракрасное излучение области ядра и мазерное излучение экспоненциально нарастает [Матвеевко, 2013].

## 5. Лебедь А

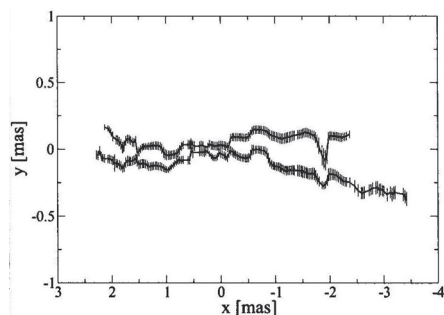
Исследования сверхтонкой структуры ряда объектов с активными ядрами в диапазоне миллиметровых — сантиметровых длин волн в континууме установили аналогичные особенности структуры и кинематики. Рассмотрим радиогалактику Лебедь А ( $z = 0,056$ ), которая удалена на расстояние 249 Мпс, и 1 мс дуги соответствует 1,13 пк. Это одна из немногих галактик, в которой наблюдается двусторонний выброс — джет и контрджет (рис. 5). В инфракрасном излучении яркость контрджета превышает яркость джета. Направление эжекции потока джета в картинной плоскости относительно диска соответствует углу около  $50^\circ$ . Наблюдаемое потемнение центральной части определяется поглощением ИК-излучения пылью диска.

Исследования тонкой структуры галактики на волнах миллиметрового диапазона с угловым разрешением  $\sim 0,1$  мс дуги показали, что размеры джета превышают размеры контрджета более чем в два раза (см. рис. 5a). Биполярный высокоскоростной поток релятивистской плазмы расположен между двух полосок, угол расхождения которых равен  $\sim 4$  (см. рис. 5b). Скорость истечения высокоскоростных потоков не превышает  $v \leq 0,06c$ . При этом отмечается ускорение джета до видимой около световой скорости  $\beta \approx 1$  на расстоянии около 1,5 мс дуги или 1 пк, далее происходит замедление (см. рис. 5c) [Voccardi et al., 2014]. На длине волны  $\lambda = 2$  см при разрешении до  $\phi = 20$  мкс дуги выделяется сверхтонкая структура [Матвеевко, Селезнев, 2015a]. Размеры контрджета  $< 0,8$  мс дуги существенно меньше джета  $\sim 3$  мс дуги, что определяется ускорением последнего. Яркостная температура потока на выходе сопла соответствует  $T_b \approx 4 \cdot 10^{12}$  К. Центральный высокоскоростной биполярный поток расположен между параллельными цепочками компактных компонент, разнесённых на  $\sim 0,7$  мс дуги или  $\sim 0,75$  пк. Цепочки соответствуют тангенциальным направлениям стенок низкоскоростного потока (см. рис. 5d). При разрешении  $\phi = 50$  мкс дуги и  $\phi = 100$  мкс дуги (см. рис. 5e и f) выделяются протяжённые составляющие цепочек и на пределе обнаружения компоненты следующего

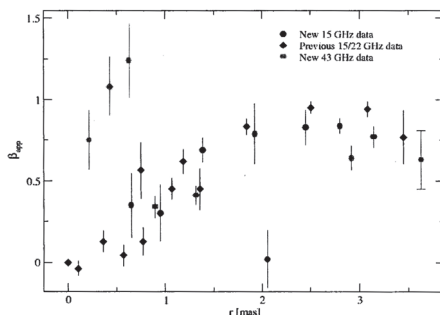
низкоскоростного потока диаметром 1,8 мс дуги или 2 пк, отмечены звёздочками. Диаметры окружающих трубок — низкоскоростных потоков соответствуют  $\sim 0,75$  пк и 2 пк. В стенках вращающихся плазменных трубок возбуждаются кольцевые токи, сжимающиеся в кольца, тангенциальные направления которых наблюдаются в виде звеньев цепочек. Кольцевые токи формируют магнитные поля типа соленоида, направленные вдоль оси коаксиального биполярного потока.



*a*



*b*

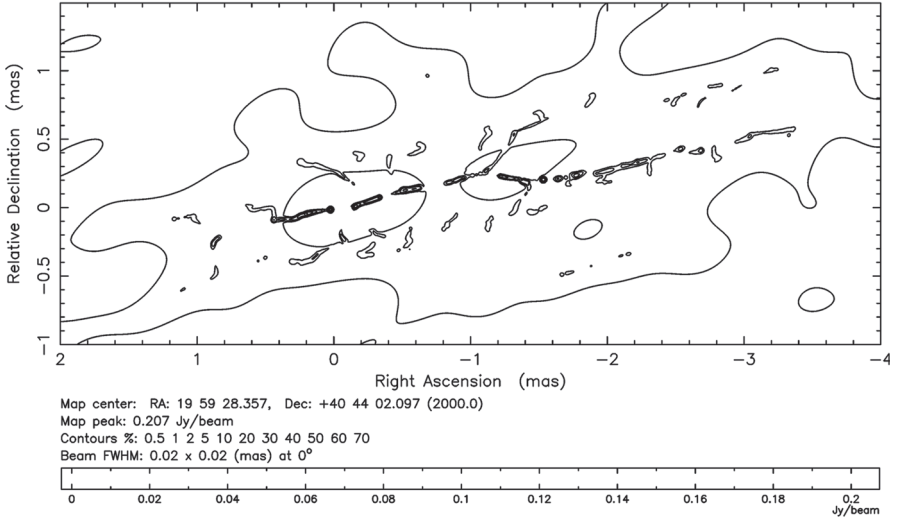


*c*

**Рис. 5a–f.** Структура биполярного потока источника Леб А,  $\lambda = 7$  мм: разрешение  $\phi = 0,1$  мс дуги (*a*); низкоскоростные полоски окружают центральный высокоскоростной поток (*b*); зависимость видимой скорости вкраплений высокоскоростного потока от расстояния (*c*) [Boccardi et al., 2014]; тонкая структура биполярного потока,  $\lambda = 2$  см, разрешение  $\phi = 20$  мкс дуги (*d*) [Матвеевко, Селезнев, 2015a];  $\phi = 50$  мкс дуги (*e*);  $\phi = 0,1$  мс дуги (*f*) (продолжение и окончание рис. 5 см. на с. 15 и 16)

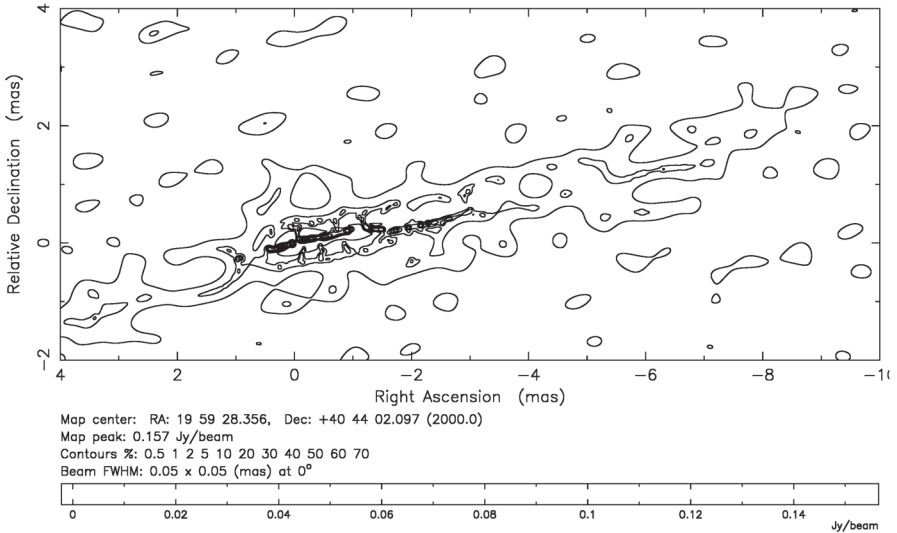
**Fig. 5a–f.** Structure of a bipolar outflow Cyg A,  $\lambda = 7$  mm, resolution 0.1 mas (*a*). Double low-velocity strips (*b*). Dependence of the visible velocity of fragments of a high-velocity outflow from distance (*c*) [Boccardi et al., 2014]. Fine structure of a bipolar outflow Cyg A,  $\lambda = 2$  cm, resolution  $\phi = 20 \mu\text{s}$  (*d*) [Матвеевко, Селезнев, 2015a],  $\phi = 50 \mu\text{s}$  (*e*) and  $\phi = 0.1$  mas (*f*)

Clean I map. Array: BFHKLMNOPS  
1957+405 at 15.365 GHz 2007 Aug 09



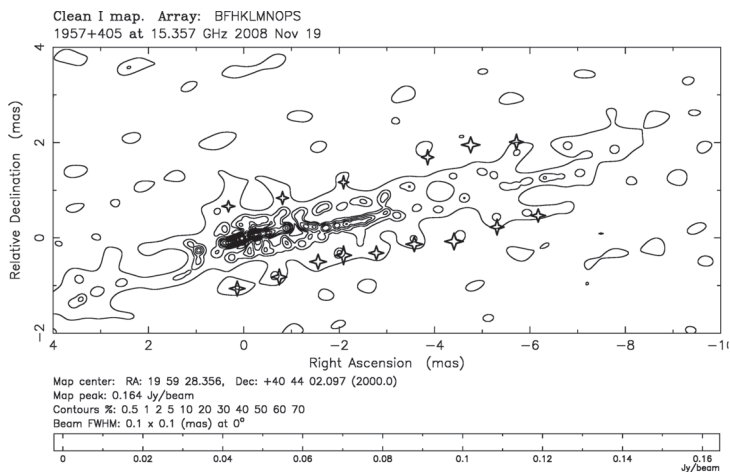
*d*

Clean I map. Array: BFHKLMNOPS  
1957+405 at 15.357 GHz 2008 Nov 19



*e*

Рис. 5. Продолжение (начало см. на с. 14, окончание — на с. 16)



*f*

Рис. 5. Окончание (начало см. на с. 14)

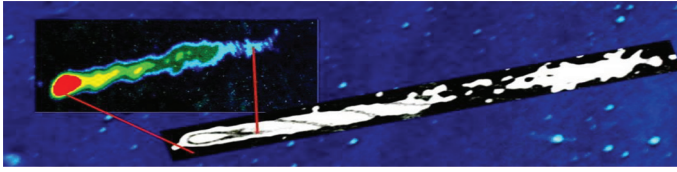
Центральный высокоскоростной джет начинает наблюдаться только с расстояния 0,2 мс дуги (см. рис. 5*d*). Пониженное излучение этой области наблюдается и на миллиметровых волнах и определяется поглощением в тепловой плазме диска в отличие от поглощения в ИК-спектре на пылевой составляющей.

## 6. Радиогалактика М 87

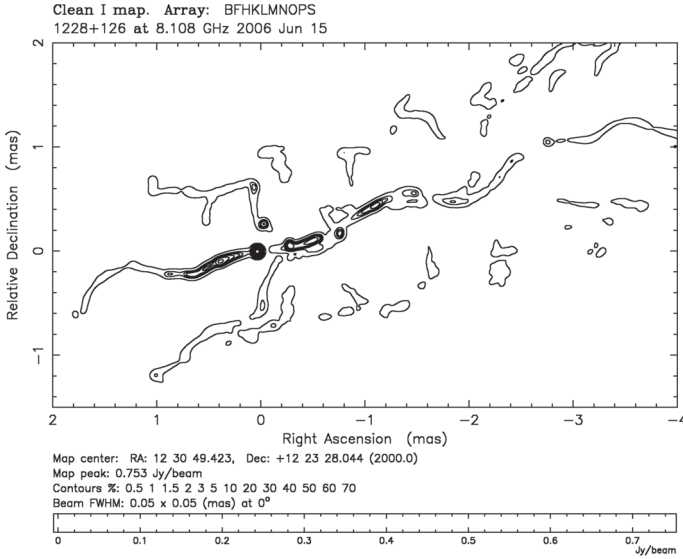
Радиоисточник Дева А — ближайшая галактика с характерной структурой ядро — односторонний джет, находится на расстоянии 16,75 пк и 1 мс дуги соответствует 78 мпк. Это один из первых объектов, структура которого исследовалась методом РСДБ на длине волны  $\lambda = 18$  см (рис. 6) [Biretta, Jwen, 1995; Reid et al., 1989].

Скорости вкраплений в джете невелики  $v = (0,03 \pm 0,02)c$ . Обращалось внимание на возможный лимб, окружающий джет, и наличие контрджета. Как следует из наблюдений на волне  $\lambda = 2$  см, скорость вкраплений, расположенных на расстоянии до  $\rho \approx 0,5$  пк от ядра, равна  $v = (0,04 \pm 0,02)c$  и возрастает до  $(0,5 - 1)c$  на расстоянии  $\rho \approx 1$  пк и  $2c$  на  $\rho \approx 200$  пк соответственно [Kellermann et al., 2004] и далее до  $6c$  на расстоянии 500 пк. Это предполагает ускорение потока на всём протяжении джета и подтверждает предположение Шкловского [Шкловский, 1969] о компенсации потерь излучения релятивистских электронов.



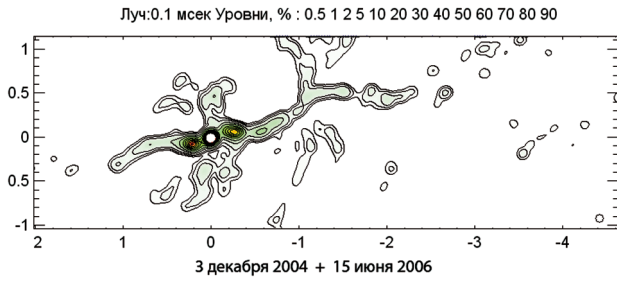


*a*

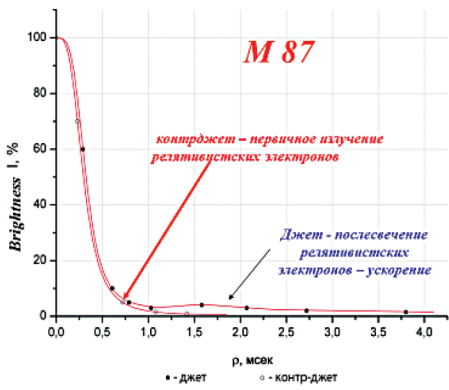


**Рис. 6a–f.** Структура джета радиогалактики М 87,  $\lambda = 18$  см и активной части джета,  $\lambda = 6$  см (*a*); высокоскоростная и низкоскоростная составляющие биполярного потока М 87,  $\lambda = 3$  см, эпоха 15.06.2006, луч  $\varphi = 0,05$  мс дуги (*b*); биполярный высокоскоростной спиралевидный поток с переменным шагом  $\lambda = 2$  см в увеличенном масштабе,  $\varphi = 0,1$  мс дуги (*c*); спад интенсивности излучения джета и контрджета в относительных единицах (*d*); биполярный поток,  $\lambda = 2$  см, эпоха 15.06.2006, луч  $\varphi = 0,05$  мс дуги (*e*); биполярный поток,  $\lambda = 0,7$  мм, эпоха 2004.26, луч  $\varphi = 0,3 \times 0,06$  мс дуги (*f*) (продолжение и окончание рис. 6 см. на с. 18 и 19)

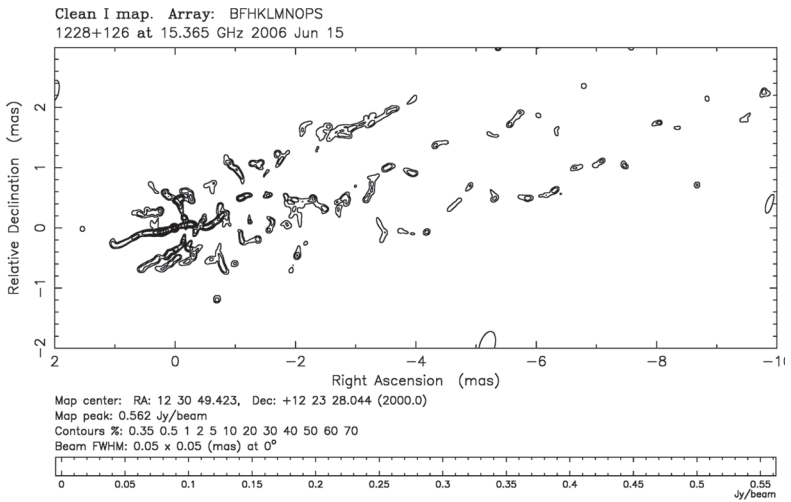
**Fig. 6a–f.** Jet structure of a radio galaxy of M 87 on wavelength  $\lambda = 18$  cm,  $\lambda = 6$  cm (*a*). High-velocity and low-velocity outflows of M 87,  $\lambda = 3$  cm, epoch 15.06.2006  $\varphi = 0.05$  mas (*b*). Increased scale: a disk and a bipolar high-velocity helix outflow with a variable step  $\lambda = 2$  cm, a beam  $\varphi = 0.1$  mas (*c*). Decreasing of intensity of radiation of jet and a counterjet in relative units (*d*). Bipolar outflow  $\lambda = 2$  cm, 15.06.2006,  $\varphi = 0.05$  mas (*e*). Bipolar outflow  $\lambda = 0.7$  mm, epoch 2004.26,  $\varphi = 0.3 \times 0.06$  mas (*f*)



c



d



e

Рис. 6. Продолжение (начало см. на с. 17, окончание — на с. 19)

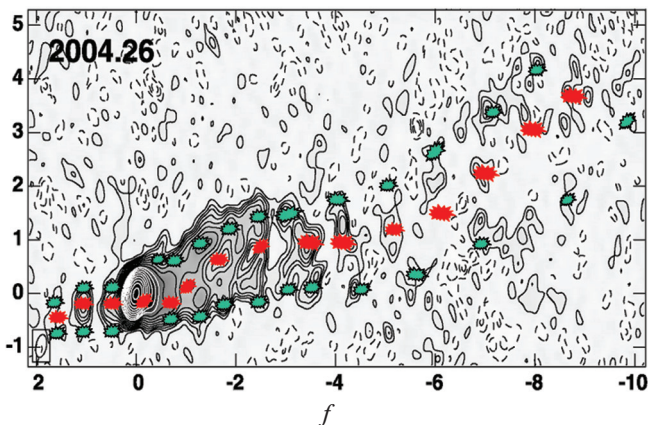


Рис. 6. Окончание (начало см. на с. 17)

Исследования сверхтонкой структуры галактики на длинах волн  $\lambda = 2$  и 3 см показали, что диаметр высокоскоростного биполярного потока не превышает 0,05 мс дуги или  $\sim 4$  мпк [Матвеевко, Селезнев, 2011, 2014, 20156]. Спиральная структура высокоскоростного потока джета и контрджета являются зеркальными отражениями друг друга. Наблюдаемое отличие размеров потоков в  $\sim 2,5$  раза определяется повышенной скоростью джета. Поток окружён параллельными цепочками компонент, соответствующих тангенциальным направлениям стенок низкоскоростного пустотелого потока (см. рис. 6b и c) [Матвеевко, Селезнев, 2011]. Диаметр трубки джета увеличивается по мере удаления с  $\varnothing \approx 1,0$  мс дуги (0,08 пк) на выходе сопла и до  $\varnothing \approx 2$  мс дуги (0,16 пк) в удалённой части. Низкоскоростной контрджет на волне 3 см имеет укороченные размеры и форму типа раструба (см. рис. 6b), определяемую уменьшением диаметра сопла в течение эжекции потока.

Центральная область ядра галактики M87 на волнах  $\lambda = 2$  см в увеличенном масштабе показана на рис. 6c. В центре выделяется структура — диск, наблюдаемый с ребра и ориентированный ортогонально высокоскоростному биполярному потоку. Высокоскоростной поток имеет спиралевидную форму. Яркостная температура потока на выходе эжектора на волне  $\lambda = 2$  см достигает  $T_b \approx 10^{12}$  К.

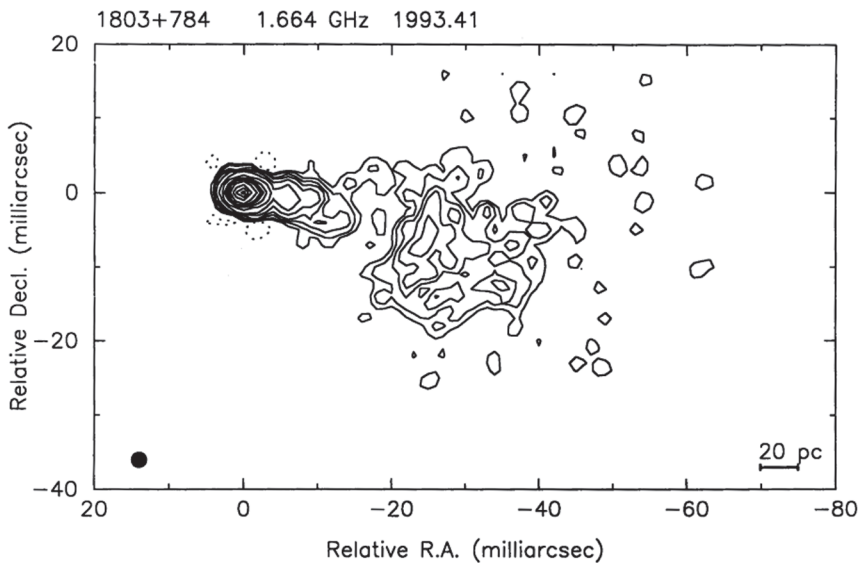
Радиоизлучение эжектированных релятивистских электронов биполярного потока экспоненциально спадает до минимально обнаружимого уровня на расстоянии  $\sim 1$  мс дуги или  $\sim 0,08$  пк (см. рис. 6d). Однако радиоизлучение релятивистских электронов джета

наблюдается далеко за пределами времени их высвечивания. Ускорение потока джета компенсирует потери излучения и определяет послесвечение джета за пределами расстояний, определяемых временем их жизни. С видимой периферийной части диска происходит эжекция низкоскоростного биполярного потока — параллельных цепочек.

Протяжённая структура биполярного потока галактики на волне  $\lambda = 7$  мм, разрешение  $0,3 \times 0,6$  мс дуги, приведена на рис. 6f. В потоках выделяются яркие вкрапления. Диаметр низкоскоростного потока — трубки увеличивается с  $\sim 0,1$  пк на выходе сопла до  $\sim 0,2$  пк в удалённой части. Во вращающихся трубке возбуждаются токи, сжимающиеся в кольца, тангенциальные направления которых наблюдаются в виде цепочек компонент. Кольцевые токи образуют магнитное поле типа соленоида, соосное потоку.

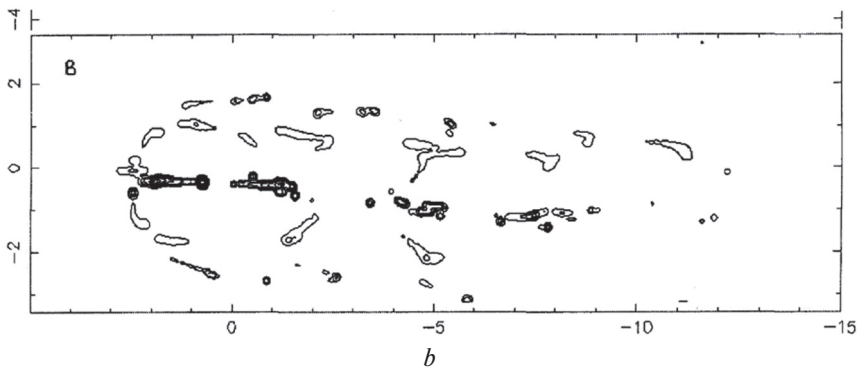
## 7. Источник 1803+784

В1 Лас объект, красное смещение которого  $z = 0,68$  находится на расстоянии 2700 Мпс, и 1 мс дуги соответствует  $\sim 5$  пк. На радиокarte галактики на волне  $\lambda = 18$  см с угловым разрешением  $\phi = 2$  мс дуги или 10 пк наблюдается компактное ядро и конусообразный джет с искривлённой осью (рис. 7a), эпоха 1993.4 [Бритцен и др., 2001; Britzen et al., 2005]. При угловом разрешении  $\phi = 0,1$  мс дуги выделяется высокоскоростной контрджет и джет (рис. 7b). Пиковое значение интенсивности излучения  $0,372$  Ян/луч соответствует компактному источнику на выходе сопла контрджета, яркостная температура которого равна  $T_b \approx 23 \cdot 10^{12}$  К. Излучение джета начинает проявляться с расстояния  $0,6$  мс дуги или 3 пк при выходе за пределы затенения плотной частью диска. Сопло окружено кольцевой структурой с вкраплениями диаметром  $\varnothing_o \approx 2,7$  мс дуги или 14 пк. Кольцо представляет собой сопло низкоскоростного потока, окружающего высокоскоростной джет и определяет видимую периферийную часть диска ориентированного параллельно картинной плоскости. Тангенциальные направления низкоскоростного потока джета — стенки трубки наблюдаются в виде параллельных полосок с вкраплениями. Диаметр трубки соответствует диаметру сопла (рис. 7b). Наблюдаемое расширение низкоскоростного потока контрджета с удалением от эжектора типа раструба определяется замедлением уменьшения диаметра сопла по мере эжекции. Аналогичная форма потока и у джета, но она сглаживается большой длиной, превышающей размер контрджета более чем в четыре раза. Диаметр внешнего низкоскоростного потока джета равен  $4,2$  мс дуги (рис. 7b).



Maximum: 1.498 JY/BEAM  
 Contours (%): .15 .07 .15 .30 .50 1.00 2.00 5.00 10.00 15.00  
 Contours (%): 20.00 30.00 50.00 70.00 90.00  
 Beam: FWHM 2.00 milliarcsec

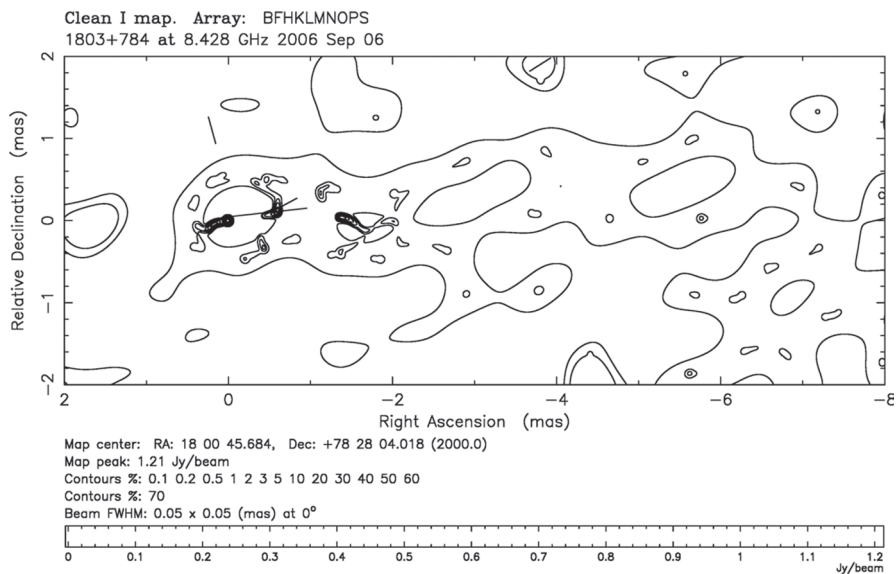
*a*



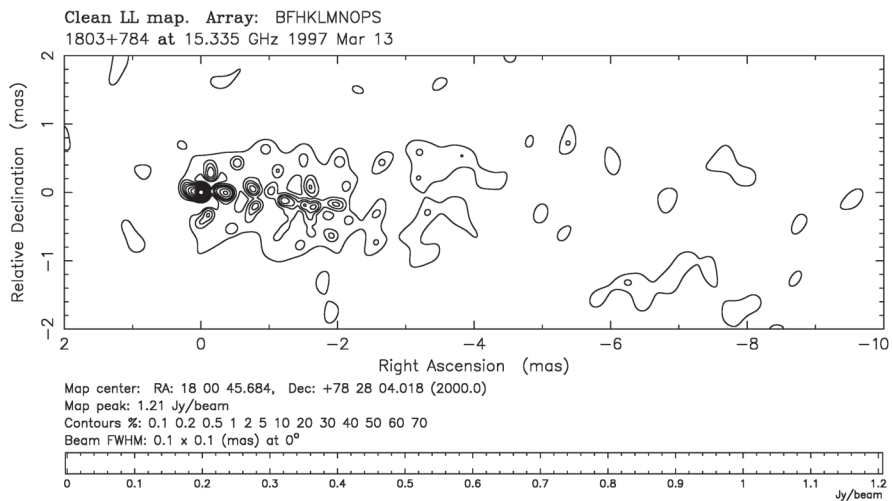
*b*

**Рис. 7а–f.** Радиоизображения BL Лас объекта 1803+784,  $\lambda = 18$  см,  $\phi = 2$  мс дуги (*a*);  $\phi = 0,1$  мс дуги (*b*);  $\lambda = 3$  см,  $\phi = 0,05$  мс дуги (*c*);  $\lambda = 2$  см,  $\phi = 0,1$  мс дуги (*d*);  $\lambda = 7$  мм,  $\phi = 0,02$  мс дуги (*e*); в поляризованном излучении (*f*) (продолжение и окончание рис. 7 см. на с. 22 и 23)

**Fig. 7a–f.** Radio images of a BL Lac object 1803+784 on wavelength  $\lambda = 18$  cm,  $\phi = 2$  mas (*a*), and  $\phi = 0.1$  mas (*b*);  $\lambda = 3$  cm,  $\phi = 0.05$  mas (*c*),  $\lambda = 2$  cm,  $\phi = 0.1$  mas (*d*), and  $\lambda = 7$  mm,  $\phi = 0.02$  mas (*e*)



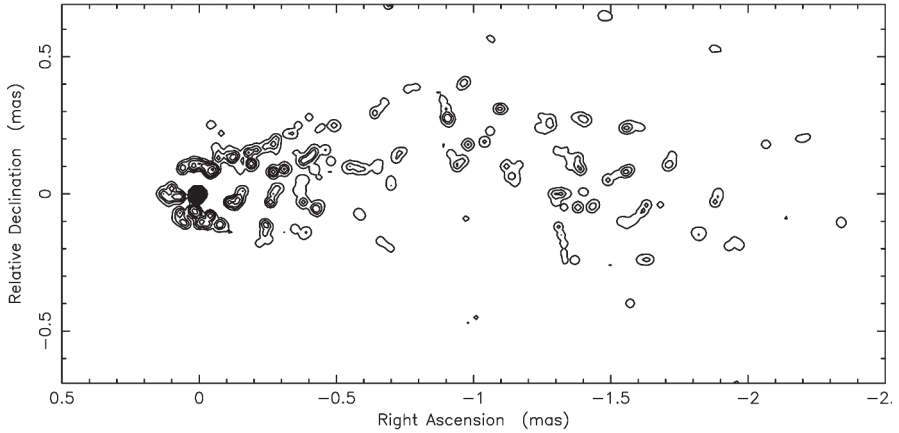
*c*



*d*

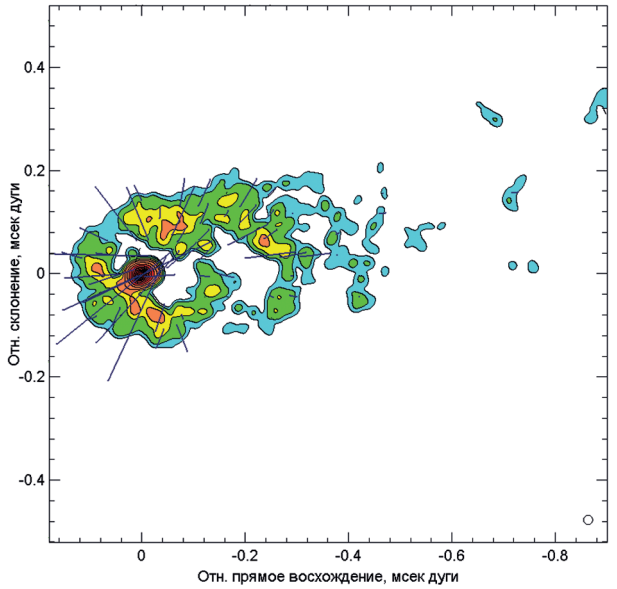
Рис. 7. Продолжение (начало см. на с. 21, окончание — на с. 23)

Clean I map. Array: BFHKLMNOPS  
 1803+784 at 43.205 GHz 2000 Apr 05



Map center: RA: 18 00 45.684, Dec: +78 28 04.018 (2000.0)  
 Map peak: 0.46 Jy/beam  
 Contours %: 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80  
 Contours #: 90 99  
 Beam FWHM: 0.02 x 0.02 (mas) at 0° 08-05-22, exp.2000-04-05,Ch.1,Grid 0.01, no selfcal, NO-CLN

*e*



Ипик: 9.15 Ян/луч Луч:20 мсек Уровни, % : 0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80 :

*f*

**Рис. 7.** Окончание (начало см. на с. 21)

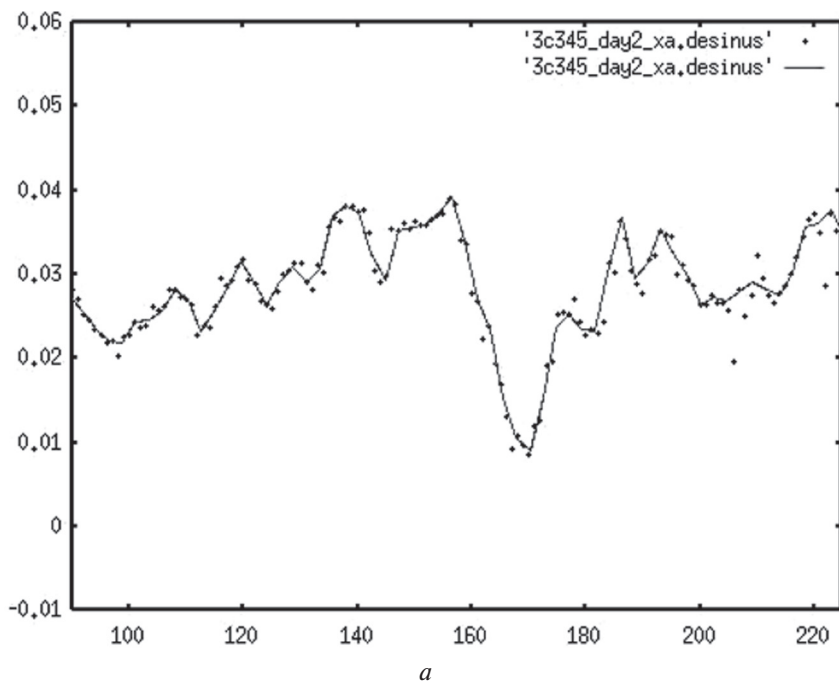
На более высоких частотах выделяются фрагменты структуры вблизи ядра [Матвеевко и др., 2010]. На длине волны  $\lambda = 3$  см с разрешением в  $\phi = 0,05$  мс дуги, эпоха 2006.09.06, как и ранее, наблюдается кольцевая структура с фрагментами, соответствующая соплу низкоскоростного потока, диаметром 1 мс дуги или 5 пк (рис. 7c). Излучение самого диска не превышает 0,2 % пикового значения  $I = 1,21$  Ян/луч. Яркий компактный источник — сопло контрджета и сам контрджет — находятся перед диском, его яркость достигает  $T_b \approx 12 \cdot 10^{12}$  К. Джет эжектируется в противоположном направлении и становится видимым только с расстояния 0,4 мс дуги или 2 пк при выходе за пределы плотной поглощающей части диска. Джет окружён низкоскоростным потоком, тангенциальные направления которого наблюдаются в виде параллельных цепочек. Эта структура наблюдается и на длине волны  $\lambda = 2$  см, эпоха 1997.03.13, разрешение  $\phi = 0,1$  мс дуги (рис. 7d). С повышением частоты джет наблюдается с меньшего расстояния, равного 0,2 мс дуги или 1 пк. На волне 2 см выделяются фрагменты и внутреннего низкоскоростного потока диаметром  $\sim 0,3$  мс дуги или  $\sim 1,5$  пк. На длине волны  $\lambda = 7$  мм, эпоха 2000.04.05 разрешение  $\phi = 0,02$  мс дуги джет наблюдается с расстояния 0,12 мс дуги или 0,6 пк.

Пиковое значение на выходе сопла контрджета равно  $I = 0,46$  Ян/луч или  $T_b \approx 10^{12}$  К. Диаметр кольцевой структуры — низкоскоростного джета равен 0,23 мс дуги или 1,2 пк, что соответствует размеру близлежащего низкоскоростного сопла. Диаметр потока увеличивается по мере удаления до 2,5 пк на расстоянии 1,5 мс дуги или 8 пк (рис. 7e). Центральная область с кольцевой структурой приведена в увеличенном масштабе на рис. 7f. Здесь же отрезками прямых линий показано распределение поляризованного излучения, ориентированного практически ортогонально кольцу [Матвеевко и др., 2010; Matveenko et al., 2010]. Яркость высокоскоростного потока на выходе сопла соответствует  $I = 1,21$  Ян/луч или  $T_b \approx 10^{12}$  К.

### 8. 3С 345

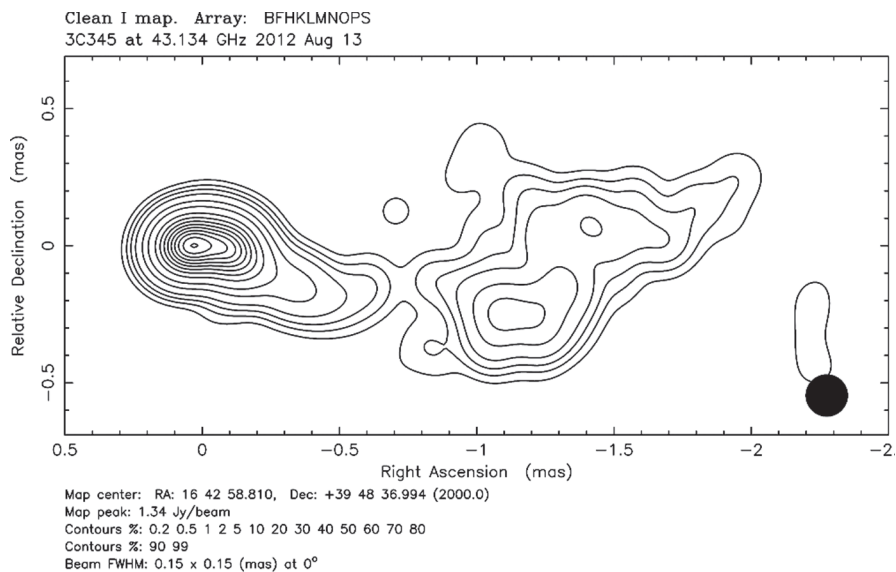
Известный квазар ( $z = 0,595$ ), удалённый на расстояние 2500 Мпс и 1 мс дуги, соответствует 3,79 пк. Структура содержит ядро и односторонний джет. В центральной области находится тепловая плазма, наблюдаемая в эмиссионных линиях в оптике. Поглощение в рекомбинационных радиолниях трёхсантиметрового диапазона показали, что тепловая плазма экранирует область ядра (рис. 8a) [Матвеевко и др., 2005].





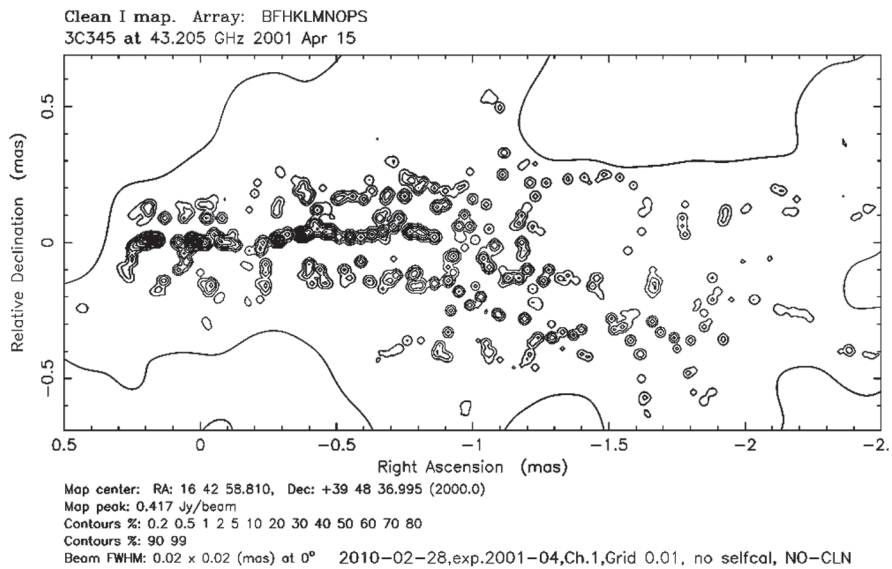
**Рис. 8а–j.** Квазар 3С 345. Профиль рекомбинационной радиолнии поглощения трёхсантиметрового диапазона радиоволн (а); структура квазара на длине волны  $\lambda = 7$  мм, эпоха 13.08.2012, разрешение  $\varphi = 0,15$  мс дуги (b); сверхтонкая структура квазара, луч  $\varphi = 20$  мкс дуги, эпоха 2001.04.15 (c); структура центральной части в увеличенном масштабе  $\varphi = 20$  мкс дуги (d); усреднённое распределение яркости, отрезки линий соответствуют поляризации излучения (e); изменение интенсивности излучения bipolarного потока (f); структура квазара  $\lambda = 2$  см, луч  $\varphi = 20$  мкс дуги, эпоха 2000.02.04 (g); луч  $\varphi = 50$  мкс дуги, эпоха 2012.11.02 (h); луч  $\varphi = 20$  мкс дуги, эпоха 1998.10.30 (i). Кинематика фрагментов высокоскоростного джета,  $\lambda = 7$  мм (j) (продолжение и окончание рис. 8 см. на с. 26–30)

**Fig. 8a–j.** Quasar 3C 345. A profile of the absorption recombination radio line at 3 cm band (a). Structure of a quasar on wavelength  $\lambda = 7$  mm, an 13.08.2012, resolution  $\varphi = 0.15$  mas (b). The superfine structure of a quasar, beam  $\varphi = 20$   $\mu$ s an epoch 2001.04.15 (c). Structure of the central area in the increased scale  $\varphi = 20$   $\mu$ s (d). Average distribution of brightness (e), pieces of lines correspond to polarization of radiation. Change of intensity of radiation of a bipolar stream (f). Structure of a quasar,  $\lambda = 2$  cm, beam  $\varphi = 20$   $\mu$ s an epoch 2000.02.04 (g); beam  $\varphi = 50$   $\mu$ s an epoch 2012.11.02 (h); beam  $\varphi = 20$   $\mu$ s an epoch 1998.10.30 (i). Kinematics of fragments of high-velocity jet  $\lambda = 7$  mm (j)



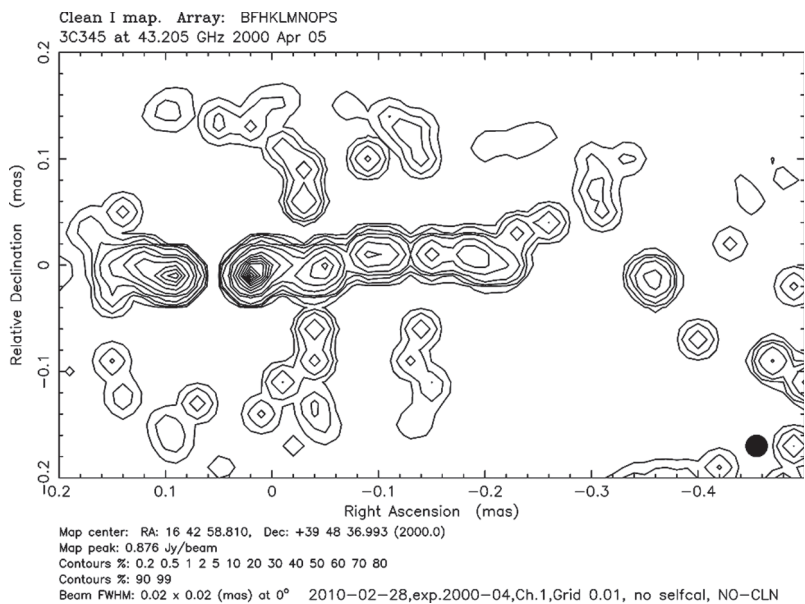
14-05-13, exp.12-08-13,Ch.1,Grid 0.01, no selfcal

*b*

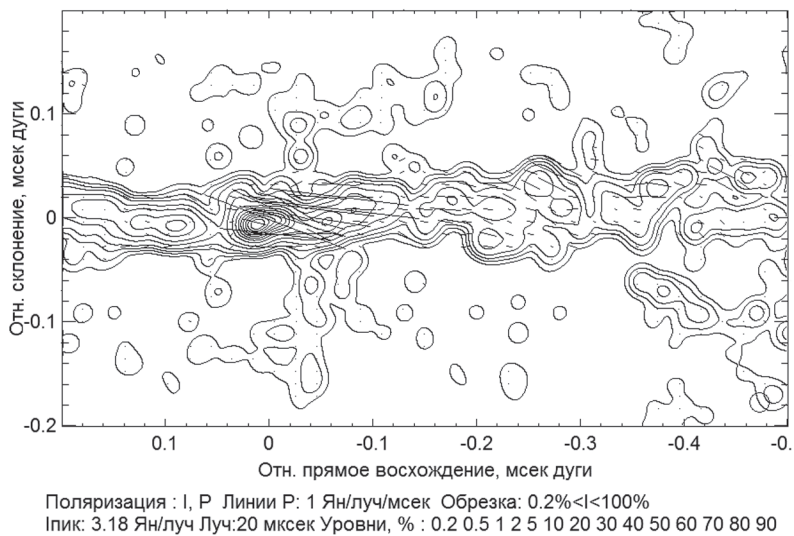


*c*

Рис. 8. Продолжение (начало см. на с. 25, окончание — на с. 30)

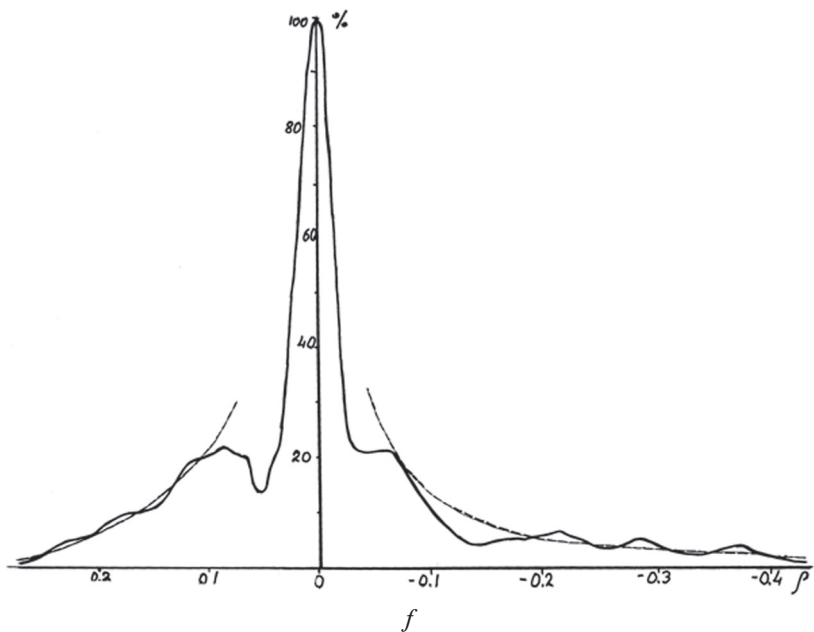


Источник: 3C345, 24.01.00-15.04.01 Частота: МГц

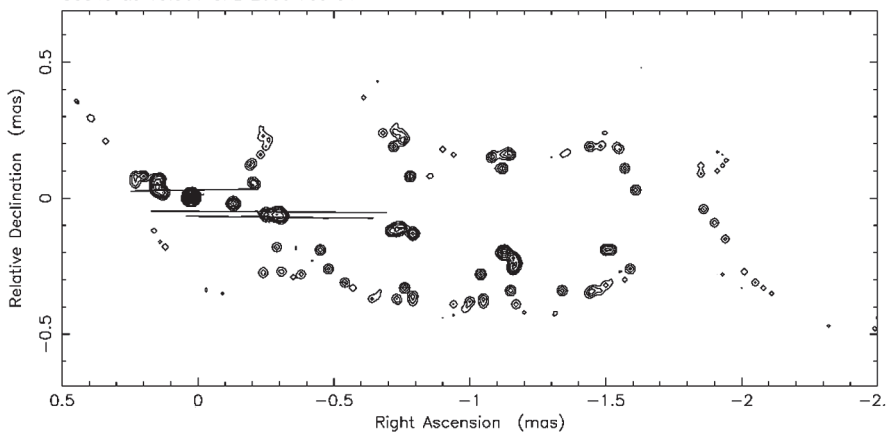


*e*

Рис. 8. Продолжение (начало см. на с. 25, окончание — на с. 30)



Clean I map. Array: BFHKLMNOPS  
3C345 at 15.361 GHz 2000 Feb 04

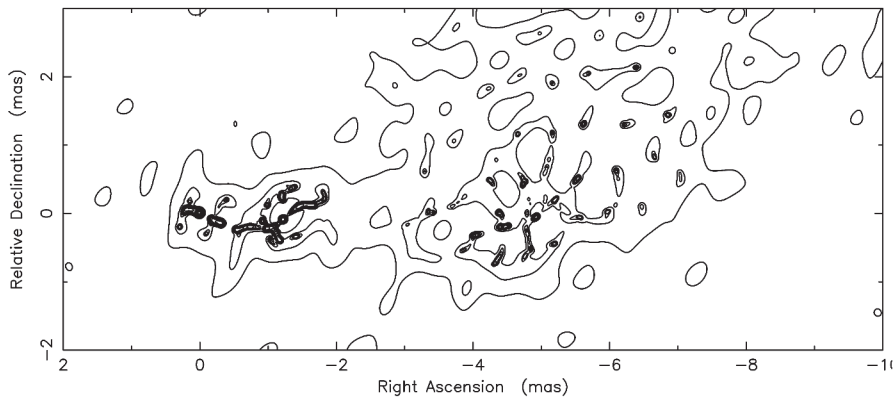


Map center: RA: 16 42 58.810, Dec: +39 48 36.993 (2000.0)  
Map peak: 1.82 Jy/beam  
Contours %: 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80  
Contours #: 90 99  
Beam FWHM: 0.02 x 0.02 (mas) at 0°  
2010-05-15,exp.2000-02 1641+399,2cm,IF1,Ch.1,Grid 0.01, no selfcal, NO CLN  
P=0.0121 Jy in 1 mas, vect. where l>0.018 Jy (>1%) and lp>0, grid=2x2

*g*

Рис. 8. Продолжение (начало см. на с. 25, окончание — на с. 30)

Clean I map. Array: BFHKLMNOPS  
 1641+399 at 15.357 GHz 2012 Nov 02



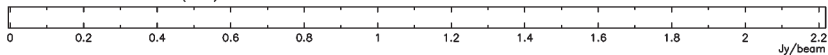
Map center: RA: 16 42 58.810, Dec: +39 48 36.994 (2000.0)

Map peak: 2.22 Jy/beam

Contours %: 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.7 1 2 5 10 20 30

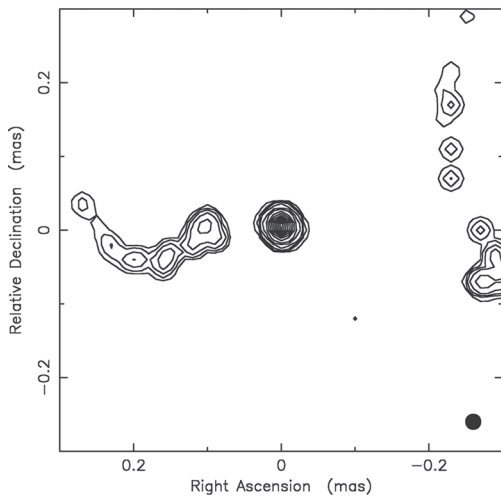
Contours %: 40 50 60 70

Beam FWHM: 0.05 x 0.05 (mas) at 0°



*h*

Clean LL map. Array: BFHKLMNOPS  
 1641+399 at 15.335 GHz 1998 Oct 30



Map center: RA: 16 42 58.818, Dec: +39 48 37.023 (2000.0)

Map peak: 2.4 Jy/beam

Contours %: 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80

Contours %: 90 99

Beam FWHM: 0.02 x 0.02 (mas) at 0°

*i*

2010-05-15, exp. 1998-10 1641+399, 2cm, Ch. 1, Grid 0.01, no selfcal, CLN

Рис. 8. Продолжение (начало см. на с. 25, окончание — на с. 30)

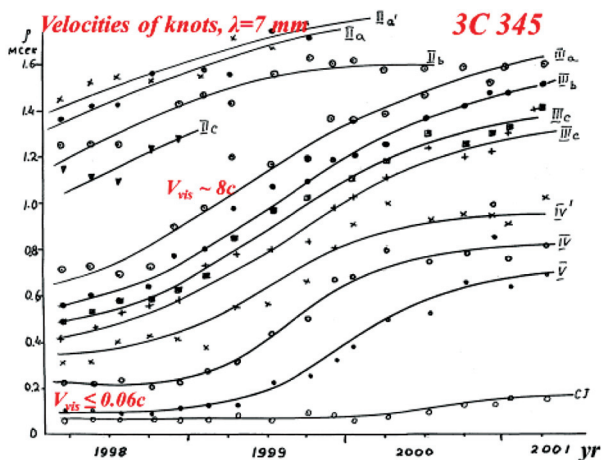


Рис. 8j

Рис. 8. Окончание (начало см. на с. 25)

В этой связи, центральная область ядра практически видна лишь на коротковолновых сантиметровых длинах волн. Исследования тонкой структуры квазара на длинах волн  $\lambda = 2$  см и  $\lambda = 7$  мм с разрешением  $\phi = 20$  мкс дуги установили наличие контрджета и позволили определить его особенности (рис. 8b) [Матвеевко, Сиваконь, 2013; Матвеевко, Витцел, 1999]. Структуры джета и контрджета соответствуют расходящейся спирали с переменным шагом и искривлённой осью и являются зеркальным отражением друг друга (рис. 8c). Структура биполярного потока в увеличенном масштабе на длине волны  $\lambda = 7$  мм, эпоха 5.04.2000 приведена на рис. 8d, пиковая яркость  $I_{peak} = 0,876$  Ян/луч и усреднённом виде на эпохи 24.01.00–15.04.01 (рис. 8e)  $I_{peak} \approx 1,0$  Ян/луч.

Размеры джета превышают контрджет примерно в семь раз, что определяется его ускорением (рис. 8d). Яркостная температура эжектора достигает  $T_b \approx 2 \cdot 10^{12}$  К. Яркость высокоскоростных потоков экспоненциально падает на расстоянии до  $\rho \approx 2,5$  мс дуги, что определяется высвечиванием эжектированных релятивистских электронов (рис. 8f). Ускорение потока компенсирует потери электронов, и излучение джета наблюдается на большом расстоянии.

В центре активной области на волне  $\lambda = 7$  мм выделяется структура, ортогональная высокоскоростному биполярному потоку, которая соответствует центральной видимой части диска, наблюдаемого с ребра (рис. 8e).

Диск имеет небольшой наклон к картинной плоскости, что снижает яркость близлежащей части джета. Из удалённой части диска диаметром 0,22 мс дуги или 0,9 пк эжектируется низкоскоростной биполярный поток, диаметр которого возрастает с 0,25 мкс дуги (~0,9 пк) на выходе сопла до 0,65 мс дуги (~2,5 пк) на расстоянии  $\rho \approx 2$  мс дуги (~8 пк). Яркости диска и фрагментов низкоскоростных потоков не превышают 1 % пикового значения (рис. 8с и е).

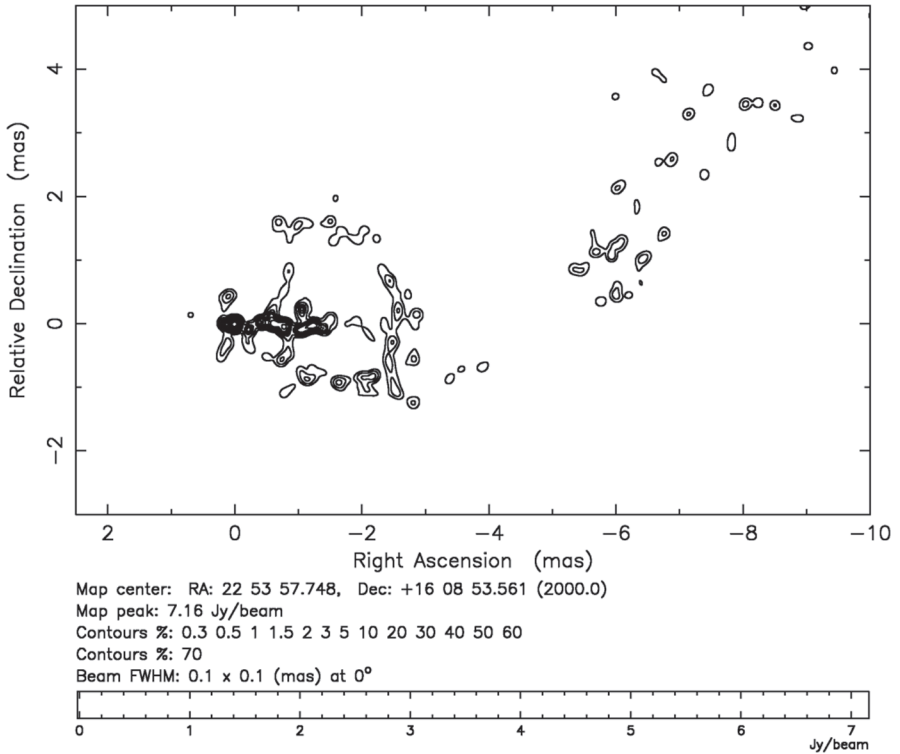
Исследования кинематики фрагментов высокоскоростного потока джета на волне  $\lambda = 7$  мм показали, что скорость истечения вещества не превышает  $\leq 0,06c$ , и ускоряется до  $8c$  на расстоянии около 0,5 пк (рис. 8j). Движение фрагментов с этой скоростью происходит на расстоянии до 2 пк и далее замедляется до исходного уровня [Матвеевко, Сиваконь, 2013]. Наблюдаемые изменения скорости фрагментов возможно, определяются рефракцией проходящего излучения в окружающей тепловой плазме в пределах зоны ускорения.

На длине волны  $\lambda = 2$  см наблюдается джет в виде расходящегося конуса с искривлённой осью и контрджет (рис. 8h и i) эпохи 02.11.2012 и 30.10.1998, разрешение  $\phi = 50$  мкс дуги и  $\phi = 20$  мкс дуги соответственно. Яркостная температура сопла достигает  $T_b \approx 7 \cdot 10^{12}$  и  $50 \cdot 10^{12}$  К. Центральный высокоскоростной поток джета окружён низкоскоростной составляющей, наблюдаемой на расстоянии до 10 мс дуги или 35 пк (рис. 8h). Его диаметр увеличивается с 0,4 мс дуги (~1,5 пк) до 1,5 мс дуги (~6 пк). Начальная часть джета окружена параллельными цепочками компонент, расстояние между которыми соответствует ~0,5 мс дуги или ~2 пк, эпоха 2000.02.04, разрешение  $\phi = 20$  мкс дуги (рис. 8j). Пиковая яркость  $I_{peak} = 1,82$  Ян/луч или  $T_b \approx 30 \cdot 10^{12}$  К. Высокоскоростной биполярный поток имеет вид расходящейся спирали с переменным шагом и искривлённой осью, определяемую газодинамической неустойчивостью и реактивным воздействием на диск [Матвеевко, 2001; Матвеевко, Витцел 1999].

### 9. 3С 454.3

Блазар-объект с активным ядром, диск которого лежит в картинной плоскости и эжекция потока происходит в направлении на наблюдателя. Красное смещение ( $z = 0,859$ ) равно 2200 Мпк и 1 мс дуги соответствует 4,3 пк. Видимая радиоструктура аналогична структуре квазара 3С 345, состоит из компактного ядра и конусовидного джета спиральной формы с переменным шагом и искривлённой осью (рис. 9а), длина волны  $\lambda = 2$  см, разрешение  $\phi = 0.1$  мс дуги.

Clean I map. Array: BFHKLMNOPS  
 2251+158 at 15.365 GHz 2006 Jun 15

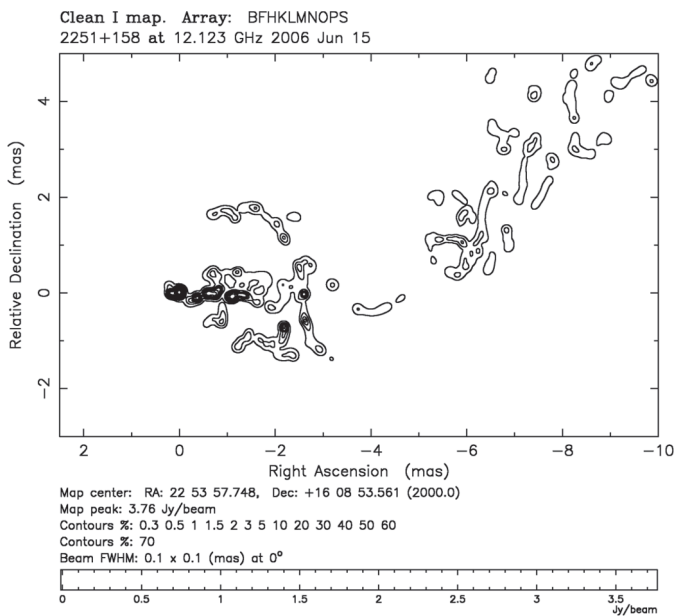


*a*

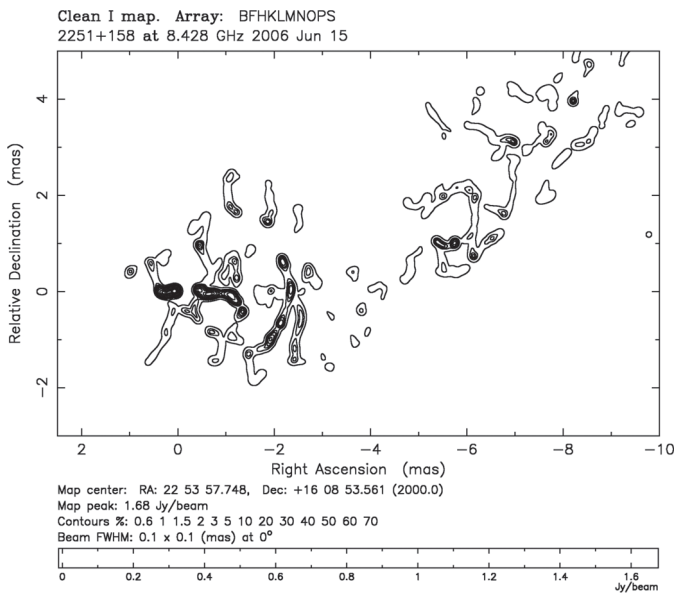
**Рис. 9a–d.** Блазар 3C 454.3. Распределение яркости  $\phi = 0,1$  мс дуги, эпоха 15.06.2006 на длине волны  $\lambda \approx 2$  см (a),  $\lambda \approx 2,5$  см (b),  $\lambda \approx 3,6$  см (c); пиковые значения яркости  $I_{peak} = 7,16$  (a); 3,76 (b); 1,68 Ян/луч (c), луч  $\phi = 0,1$  мс дуги соответственно. Распределение яркости на волне  $\lambda = 7$  мм, эпоха 18.09.2010,  $\phi = 20$   $\mu$ с, отрезки прямых линий соответствуют поляризованному излучению (d) (продолжение и окончание рис. 9 см. на с. 33 и 34)

**Fig. 9a–d.** Blazar 3C 454.3. Distribution of brightness  $\phi = 0.1$  mas, an epoch 15.06.2006 on waves  $\lambda \approx 2$  cm (a);  $\lambda \approx 2.5$  cm (b); and  $\lambda \approx 3.6$  cm (c), peak values of brightness are  $I_{peak} = 7.16$ , 3.76 and 1.68 Jy/beam respectively. Distribution of brightness on a wave  $\lambda = 7$  mm, an epoch 18.09.2010,  $\phi = 20$   $\mu$ s, pieces of straight lines correspond to the polarized radiation (d)



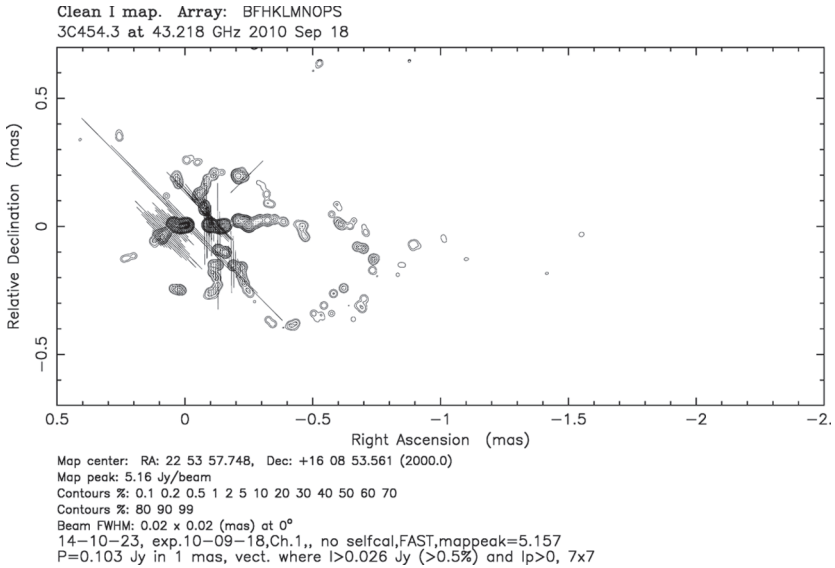


*b*



*c*

Рис. 9. Продолжение (начало см. на с. 32, окончание — на с. 34)



*d*

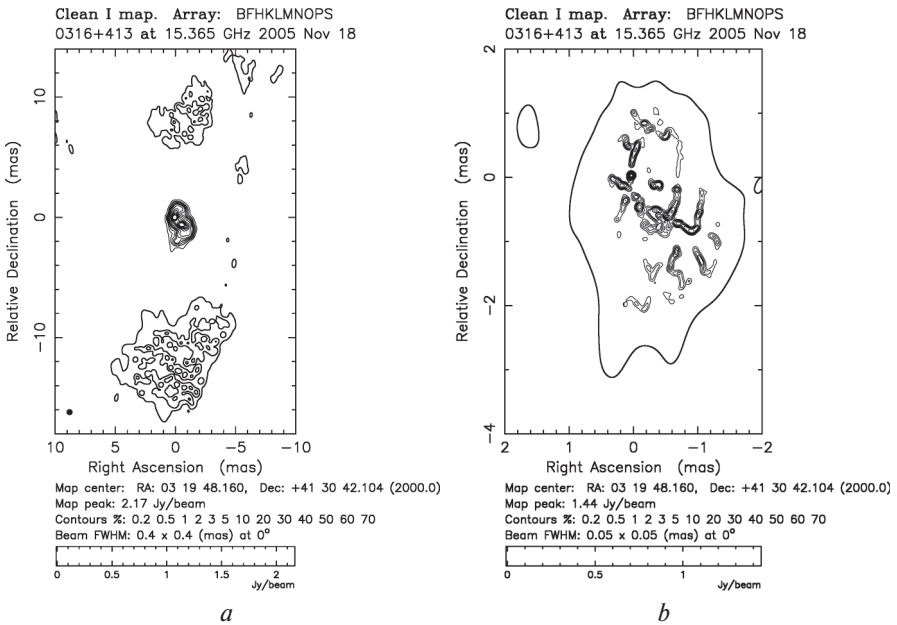
**Рис. 9.** Окончание (начало см. на с. 32)

Видимая структура практически повторяется на волнах  $\lambda = 2,5$  и 3 см (рис 9*b* и *c*). Отличительной особенностью является дугообразный фрагмент структуры, являющийся периферийной частью диска, диаметром 3,4 мс дуги (15 пк). Структура блазара аналогична сейфертовской галактике 1803+784. Яркость фрагментов дуги на рассматриваемых длинах волн в эпоху 2006.06.15 равна 70, 60 и 30 мЯн/луч и соответствует спектру с низкочастотным завалом, со спектральным индексом в низкочастотной части  $\alpha \approx 1,7$ . Яркость фрагментов невелика и положительный спектральный индекс, вероятно, определяется прозрачностью теплового экрана, а не реабсорбцией [Матвеевко, 2001]. Об этом же свидетельствует рост яркостной температуры эжектора с укорочением длины волны с  $T_b \approx 4 \cdot 10^{12}$  до  $5 \cdot 10^{12}$  К соответственно.

## 10. NGC 1275

Сейфертовская галактика, радиисточник 3C 84 находится на расстоянии 110 Мпк и 1 мс дуги соответствует 0,55 пк. Природа её до конца не ясна. По одним представлениям это сталкивающиеся галактики [Minkovsky, 1957], по другим — взрывающаяся галактика [Burbidge,

Burbidge, 1965]. Наблюдаемое раздвоение спектральных линий центральной области предполагает относительную скорость излучения составляющих фрагментов, достигающую  $\sim 600$  км/с [Дибай, 1969]. Первые наблюдения на глобальной РСДБ сети на волне 1,35 см установили двойную структуру объекта [Паулини Тос и др., 1978; Матвеевко и др., 1980]. Последующие исследования сверхтонкой структуры галактики на волне 2 см в период 2005–2010 гг. показали, что объект состоит из активной области и двух «ушей», расположенных на расстоянии 5 пк к северу ( $X = -10^\circ$ ) и 6,5 пк к югу ( $X = 170^\circ$ ) соответственно [Матвеевко, Селезнев, 2016]. На рис. 10а приведена структура объекта с разрешением  $\phi = 0,4$  мс дуги, эпоха 18.11.2005, пиковое значение яркости  $I_{peak} = 2,17$  Ян/луч.



**Рис. 10.** Сейфертовская галактика NGC 1275, радиисточник 3С 84,  $\lambda \approx 2$  см, эпоха 18.11.2005: пиковое значение яркости  $I_{peak} = 2,17$  Ян/луч, луч  $\phi = 0,4$  мс дуги (а); центральная активная область  $I_{peak} = 1,44$  Ян/луч, луч  $\phi = 0,05$  мс дуги (b)

**Fig. 10.** Seyfert galaxy of NGC 1275, radio source 3C 84. The map on a wavelength  $\lambda \approx 2$  cm, an epoch 18.11.2005. Peak value of brightness of  $I_{peak} = 2.17$  Jy/beam, beam  $\phi = 0.4$  mas (a); central active region  $I_{peak} = 1.44$  Jy/beam,  $\phi = 0.05$  mas (b)

Наблюдаемый отрыв ушей определяется снижением активности ядра. Активная область состоит из двух параллельных идентичных структур, разнесённых в картинной плоскости в направлении  $45^\circ$  на  $0,5$  пк (рис. 10b), эпоха 18.11.2005, разрешение  $\varphi = 50$  мкс дуги. Каждая структура состоит из диска, ядра и биполярного потока. Диск, наблюдаемый с ребра, ориентирован в картинной плоскости под углом  $60^\circ$ . Биполярные потоки направлены в сторону «ушей» (рис. 10b).

Высокоскоростные биполярные потоки восточной и западной систем окружены низкоскоростными составляющими — трубками, диаметром  $\varnothing_1 \approx 0,6$  мс дуги (0,3 пк). Следующая пара, диаметром  $\varnothing_2 \approx 1,5$  (0,8 пк) и 2,6 мс (1,4 пк), сливаются в единую структуру, окружающую центральные потоки (рис. 10b и c) эпоха 27.10.2009,  $\varphi = 0,05$  мс дуги и яркость  $I_{peak} = 1,44$  Ян/луч. Яркостная температура эжектора достигает  $T_b \approx 4 \cdot 10^{12}$  К. Системы гравитационно связаны между собой [Шкловский, 1978]. Наблюдаемое раздвоение спектральных линий, достигающее  $\sim 600$  км/с, определяется их орбитальным движением вокруг центра системы с периодом  $\sim 5 \cdot 10^3$  лет, а их масса соответствует  $M \approx 10^7 M_{sun}$ .

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведённые исследования тонкой структуры и кинематики активных астрономических объектов, типа областей образования звёзд и ядер галактик свидетельствуют об их вихревой природе, аналогичной земным смерчам. Образование вихрей — результат неустойчивости поступательного движения материи. Вещество, окружающего пространства, перетекает по спирали к центру вихря и эжектируется, по мере накопления избыточного углового момента, в виде вращающегося биполярного потока. Формируются структуры типа коаксиальных трубок, окружающих центральный высокоскоростной биполярный поток. Скорость вещества и температура плазмы экспоненциально нарастают по мере приближения к центру, достигая релятивистских значений. Остаток выпадает на формирующееся центральное тело, гравитационное поле которого ускоряет и стабилизирует процесс [Абрамян, Матвеевко, 2012]. Видимые размеры центрального и близлежащих кольцевых сопел биполярных потоков и соотношение углового и линейного расстояния приведены в таблице.

Диаметры сопел высокоскоростных потоков меньше достигнутого разрешения. В удалённых объектах  $\varnothing_0 < 0,2$  пк. Размеры со-

пел галактик, расположенных на минимальных расстояниях, лежат в пределах  $0,001 \leq \varnothing_0 \leq 0,02$  пк галактики М 87 и Леб А. В близлежащей галактике М 87 размер приближается к предельному значению измеряемой величины  $\sim 0,001$  пк. По мере перетекания от периферии к центру диска тепловая плазма разогревается до релятивистских температур. Яркостные – электронные температуры потоков на выходе сопла лежат в пределах  $5 \cdot 10^{12} \leq T_b \leq 20 \cdot 10^{12}$  К.

Диаметры сопел джетов

Источник	$\varnothing_0$	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	пк/мс
Орион [а. е.]	0,05	15	–	–	0,05
NGC 4258 [пк]	$\sim 0,003$	0,02	–	–	0,038
Лебедь А [пк]	0,02	0,75	1,8	–	1,13
М 87 [пк]	0,001	0,07	–	–	0,078
1803+784 [пк]	$< 0,2$	4	7	14	5
3C 345 [пк]	$< 0,1$	0,9	1,8	–	3,79
3C 454.3 [пк]	$< 0,2$	1,5	3,4	15	4,3
3C 84 [пк]	0,03	0,3	0,8	2,6	0,55

Размеры сопел близлежащих низкоскоростных потоков примерно на порядок превышают размеры высокоскоростного потока и лежат в пределах  $0,07 \leq \varnothing_1 \leq 3,0$  пк. В процессе уноса избыточного углового момента — истечения вещества диаметр сопла уменьшается, в результате чего формируется низкоскоростной поток типа раструба, например, М 87. Размеры более удалённых сопел практически в три раза превышают размеры внутреннего сопла  $\varnothing_2 \approx 3\varnothing_1$ . Максимально удалённое сопло наблюдается в объекте 1803+784 равно  $\varnothing_3 \approx 14$  пк и соответствует видимой части диска. Унос избыточного углового момента приводит к твёрдотельному вращению диска.

Взаимодействие с окружающей средой, ускоряет и коллимирует вращающиеся потоки. Структуры джета и контрджета идентичны и являются зеркальным отражением друг друга. Аэродинамическая неустойчивость истечения потоков вызывает прецессию оси эжекции — формирование структуры потока типа расходящейся конической спирали с переменным шагом, а реактивное воздействие искривляет ось и плоскость диска. Это чисто газодинамическое явление, происходящее в нейтральных средах, и наблюдается как в земных условиях в виде смерчей, так и областях звездообразования,

и галактиках. В малых вихрях масса вещества недостаточна для формирования центрального массивного тела, что ограничивает время их жизни.

В случае электропроводящей среды — плазмы в стенках вращающихся потоков — трубках возбуждаются кольцевые токи. Формируется структура типа соленоида, магнитное поле которого соосно потоку. Поступательное движение возбуждает магнитную силовую трубку, окружающую поток, или кольцевые магнитные поля противоположных направлений в плоскости диска. Магнитное поле системы определяется кинетической энергией плазмы: перетекающей в диске, эжектируемых потоках и выпадающей на центральное тело. Преобладает вращательная составляющая. Возбуждаемые магнитные поля дополнительно стабилизируют и ускоряют процесс формирования системы [Абрамян, Матвеев, 2012; Kronberg et al., 2011; Lovelace, Berk, 1991].

Истечение биполярного потока — равновероятно в обе стороны, что и наблюдается в нейтральных средах — вихрях, возникающих в свободном пространстве над поверхностью земли и областях звёздообразования. Однако в случае электропроводящих сред галактик, наблюдается асимметрия. Об этом свидетельствуют увеличенный размер и послесвечение релятивистских электронов джета на расстояниях, превышающих время их жизни. Видимые размеры джета и контрджета отличаются в несколько раз, что определяется отличием их скоростей. Их движение с «вмороженными» продольными магнитными полями происходит по/против общего поля системы, что приводит к ускорению/торможению потоков джета и контрджета. Определённое влияние могут оказать круговые составляющие магнитных полей диска и биполярных потоков. Скорость эжекции потоков не превышает  $<0,1c$ . В ряде случаев, в частности, квазаре 3C 345, галактике Леб А, на расстоянии в несколько парсек наблюдаются ускорения фрагментов джетов до видимых сверхсветовых скоростей. Но, возможно, это определяется прохождением радиоизлучения через окружающую тепловую плазму, фазовой скоростью — рефракцией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования сверхтонкой структуры областей звёздообразования и активных ядер галактик установили идентичность их структур и кинематики с вихрями, наблюдаемыми в земных условиях. Неустой-

чивость поступательного движения газа приводит завихрению и стеканию по спирали к центру. Избыточный угловой момент уносится по мере его накопления биполярными вращающимися потоками. Скорости потоков экспоненциально нарастают по мере приближения к центру. Остаток вещества выпадает на центральное тело, гравитационное поле которого ускоряет и стабилизирует процесс. Масса земных вихрей мала для формирования массивного тела, соответственно мало и время их жизни. Коллимация и ускорение потоков определяется взаимодействием с окружающей их средой.

В электропроводящей среде в плазме диска и вращающихся потоках возбуждаются кольцевые токи — продольные магнитные поля. Составляющей поступательного движения соответствует, окружающая магнитная силовая трубка и кольцевые магнитные поля противоположного вращения верхней и нижней части диска. Источником магнитного поля является кинетическая энергия вещества. Преобладает вращательная составляющая движения. Магнитные поля дополнительно стабилизируют и ускоряют формирование системы. Истечение потоков джета и контрджета равновероятно, но происходит по/против магнитного поля системы, что их ускоряет/тормозит. Видимые сверхсветовые скорости движения фрагментов потоков определяются фазовыми — скоростями распространения радиоволн в окружающей тепловой плазме.

*В заключение: автор выражает признательность М. О. Ероховой, Е. Л. Матвеевко и Н. Ю. Комаровой за помощь в подготовке статьи.*

## **Multiface unity**

*L. I. Matveyenko*

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences (IKI RAN)

lmatveenko@gmail.com

The superfine structure of the active regions of star formation in Orion KL, and a several of galaxies are considered. The vortex nature of their kinematics is established, and corresponds to the whirlwinds observed in a bay of Laspy, the Crimea. Instability of progressive movement leads to a turbulence and inflows of the matter onto the disk, and transferred in a spiral to the center. Excess angular momentum is carried away in process of its accumulation by a bipolar stream. The Keplerian movement of peripheral part of a whirlwind turns into rigid body rotation. The rest of substance drops out in the center on the formed massive body. The ejecting bipolar streams represent the rotating coaxial tubes. Interaction with environment collimates and accelerates streams. The gravitational field of the central body accelerates and stabilizes formation of structure. In case of the electroconductive medium — plasma the rotary motion excites ring currents in a disk and streams and aligned magnetic fields. The radial component of the movement defines a ring component of magnetic fields. Kinetic energy of the matter partially passes into the magnetic energy. The rotary component prevails. The magnetic fields accelerate and stabilize system in addition.

The jet and the counterjet with “frozen” magnetic fields are moving along and against of the magnetic field of the system that accelerates one of streams — jet and brakes counterjet. The ejection velocity of streams from active galaxies nuclei doesn’t exceed  $0.1c$ . However, at distance about  $\ll 2$  ps occur acceleration of the jet until the visible velocity exceeding velocity of light. Perhaps the superluminality is results of the movement of a source with near light velocity in the direction of the observer, but this imposes other problems. The effect of a refraction is more probable cause when radio waves are propagating through surrounding thermal plasma.

Size of the Orion KL rigid body rotating disk of is equal 8 A. U., and the rotation period is around 170 days. The ejection velocity of a bipolar stream (molecules of the water vapor) is equal to  $\sim 5$  km/s and further at



distance an  $\sim 1$  A. U. increases to  $\sim 50$  km/s. The velocity of the molecules of hydrogen, having smaller molecular weight than the water molecular, is significantly higher, that defines a collisions pumping of the maser radiation. Maser sources located in the peripheral region of the NGC 4258 galaxy have Keplerian movement, and rigid body rotation in the central part of a disk, diameter of which is equal  $\sim 0.02$  pc, and the rotation period  $T \approx 750$  years. Kinematics of the studied objects AGN: the M 87, 1803+784, 3C 345, 3C 454.3 NGC 4258 and Cyg A — similar and corresponds to the vortex nature. The Seyfert galaxy of NGC 1275, a radio source 3C 84 is double system.

## INTRODUCTION

The structure of the object — its image is the fullest source of information about its nature and the processes proceeding in it. It belongs and to objects of the Universe. Informational content of the image is defined by angular resolution. Especially it belongs to compact quasi stellar objects — quasars. Their nature in many respects remained mysterious and inaccessible to direct researches, especially in the radio waves. The method of Very Long Baseline Interferometry — VLBI allowed to overcome this difficulty [Матвеевко, 1983]. Angular resolution reached mas allowed to find emissions of relativistic plasma fragments, the visible velocity of which exceeding velocity of light, and determined limit brightness temperatures  $T_b = 10^{12}$  K [Матвеевко и др., 1965]. But plasma stream source problems, its warming up up to the relativistic temperatures, ejections with visible light speeds, in many respects remained unresolved and were written off for mysterious black holes. Ultrahigh angular resolutions to arch microseconds of arc were necessary for the solution of these problems. Improvement of the VLBI methods of measurements, increase of sensitivity of elements of the VLBI networks, methods of data processing allowed to reach the limit angular permissions reaching tens microseconds of arc. Quasars are surrounded by thermal plasma which transparency limits visibility of their nucleous at long centimeter–decimeter radio waves. Certain restrictions are imposed also by the interstellar medium scattering the passing radio emission. The scattering angle in an arcsecs corresponds to  $\theta_{sc} \approx 10^{-6} \lambda^2 |\sin b|^{-0.5}$ , where  $\lambda$  is expressed in centimeter,  $b$  — galactic latitude. For a wave of 1 cm the scattering angle corresponds to  $\sim 1$   $\mu$ as. At small galactic latitudes of  $|b| < 10^\circ$  scattering sharply increases because of influence of the environment of medium of the spiral arm Galaxy. However on short radio waves restriction, is defined by sensitivity of elements of the interferometer the relation signal/

noise by the defined ratio  $\{(T_{a1} T_{a2}) / (T_{sys1} T_{sys2})\}^{0.5}$ , where  $T_{ai}$  — antenna temperatures on the source and  $T_{sysi}$  — total noise temperature of system.

Development of technology, including creation of low-noise amplifiers of mazerny type, construction of large precision antennas, allowed to reach limit sensitivity even on millimetric waves. Construction by National radio-astronomical observatory in Sokorro of specialized VLBA system opened unique opportunities of researches of thin structure of radiation sources in a wide range of radio waves, including the millimetric. Now the angular resolution reaching 10  $\mu$ as. This resolution corresponds to a corner under which the electron orbit in atom of hydrogen from the distance exceeding 1 meter is visible. “Radioastron”, a space element, overcame restriction of resolution determined and Earth sizes. Ample opportunities for research of superthin structure of kernels of the main objects of the Universe — galaxies are open. Discovery of powerful maser radiation in lines of a hydroxyl on a wave of 18 cm [Weaver et al., 1965] and of water vapor on a wave of 1.35 cm [Cheung et al., 1969] accompanying formation of stars and planetary systems [Шкловский, 1966], allowed to investigate structure of their active regions that significantly advanced our ideas of the processes proceeding in them.

Origin of galaxies belongs to the beginning of formation of a matter. The movement of a matter is followed by formation of whirlwinds in which the matter moves on a spiral trajectory to the center. In process of the movement there is an ejection of the bipolar outflow which is carrying away excess angular momentum. The residual substance drops out on the central massive body — a black hole, which gravitational field accelerates and stabilizes formation of system. The central regions — the nucleous proceeding in them processes in many respects remained a riddle that is connected with their compact sizes. Ambartsumyan V.A. proposed that the beginning of formation of stars is connected with processes other than gravitational instability, but what is it, the question remained open [Ambartsumyan, 1953]. Below the main observation data on superfine structure of a number of galaxies with active nucleous and regions of the stars formation are considered.

## PECULIARITIES OF THE STRUCTURES

We will consider features of fine structure of active nucleus of a number of galaxies 3C 84, 3C 345, 3C 454.3, 1803+784, M 87, NGC 4258 and Cygnus A; star formation regions Orion KL and W3 OH. They are united by the vortex nature similar to the whirlwinds observed over a sea surface. We will consider peculiarities of these objects.

## 1. Whirlwinds

Instability of progress movement of air streams, in a particular, over a sea surface, leads to formation of whirlwinds. Water drops “highlight” structure of a whirlwind, process development kinematics. The air stream arrives to a whirlwind and flow on a spiral to its center. Rotation velocity of a stream increases exponential and significantly exceeds a radial component. In process of accumulation of excess angular momentum there is an ejection of bipolar outflow in the direction of a rotation axis. It is as a result formed coaxial tubes — the nimbuses surrounding the central high-speed stream. Height of nimbuses grows as approaching the center that is defined by increase of their speed, Fig. 1a to a Fig. 1c (see p. 6). In one of cases “short moustaches” — the tangential directions of a nearby low-speed stream of Fig. 1b are observed. The similar three element telescopic coaxial structure is shown in Fig. 1c. Two side streams is observed in case of a whirlwind at the big height. Interaction with surrounded medium collimates and accelerates the rotating streams and corresponds to the gasdynamic decision [Абрамян, Матвеевко, 2012]. Whirlwind life time usually doesn't exceed ten minutes. The similar phenomenon is observed in active region of star formation in Orion KL. We will consider its features.

## 2. Orion KL

The vortex structure is observed in a dense molecular cloud of OMC-1 of a gas-dust complex of the Orion Nebula. The distance to it corresponds to ~500 pc and 1 mas corresponds to 0.5 A. U. Temperature of gas doesn't exceed several tens degrees Kelvin. The powerful maser radiation of molecules of water vapor accompanying processes of formation of stars and planetary systems allocates thin structure of active region. The spectral measurements at water vapor lines  $\lambda = 1.35$  cm allowed to allocate and define thin three-dimensional structure of active region and its kinematics [Берк, 1973; Burke et al., 1971]. The high-organized structure representing a chain compact a component, distributed along the S-shaped extended component corresponding to the bent disk observed from an edge, Fig. 2 (see p. 7) is found. The disk sizes — a whirlwind reach to 28 A. U. [Демичев, Матвеевко, 2004; Матвеевко и др., 2004]. The surrounding matter of a gas-dust complex arrives on a disk, flows on a spiral trajectory to the center which tangential directions correspond to a chain compact a component. The remote fragment of outflow is observed in remote part of the SE direction, Fig. 2. The arising excess angular momentum is carried away by a bipolar outflow. Change of velocity of the orbital movement of fragments

of a whirlwind are shown in the right lower part of Fig. 2a. As a result the Keplerian movement of a outflow passes to peripheries of a whirlwind in solid-state in the central part of a disk, with a diameter of 15 A. U. The cycle time of “disk” makes about 170 years. Velocity of the local rest system is equal 7.56 km/s. The remain of medium drops out on the formed central body. Velocity of ejected of matter exponential increases as approaching the center. Distance between nozzles equally 8  $\mu$ as or 0.004 A. U. The sizes of the nozzles don't exceed 3  $\mu$ as or 0.0015 A. U. [Матвееенко, Сиваконь, 2008]. The brightness temperature at the nozzle exit in maser emission corresponds to  $T_b \approx 10^{19}$  K.

The bipolar outflow is located almost in the sky plane. The radial component of speed of bipolar outflow doesn't exceed  $\sim 0.15$  km/s [Демичев, Матвееенко, 2010]. Ejection velocity of a outflow in the sky plane reaches  $v \approx 5$  km/s. The stream is accelerated and at distance to an order  $\sim 2$  A. U. its speed exceeds  $v \geq 40$  km/s. Velocity of the molecules of hydrogen owing to smaller of molecular mass considerably exceeds the velocity of the water vapor molecules that defines a collisions pumping of mazerny radiation. Interaction with environment medium collimates and accelerates the rotating outflows [Абрамян, Матвееенко, 2012]. The rotation of a outflow increased the line width and corresponds to the period of  $\leq 5$  months [Матвееенко, 2004]. Gasdynamic instability of the ejection of outflow causes the precession defining conic spiral structure with the dispersing step, and the jet reactive influence bends a disk, giving it the S-shaped form. The expected low-velocity outflow isn't observed because of insufficient velocity for generating of maser radiation.

## 2a. W 3OH

The star forming regions of the gas–dust complex W 3OH has been investigated in the main hydroxyl radio line at 1665 MHz,  $\lambda = 18$  cm [Матвееенко и др., 2014]. The object W3 OH located in in the Perseus arm at a distance of 2.2 kpc and is observed in the transverse direction that reduces considerably the scattering. Observations with a limiting angular resolution on the Eupatoria–Ussuriysk radio interferometer have shown that the angular sizes of individual compact structures  $\sim 2$  mas and their brightness temperature reaches  $T_b \approx 10^{12}$  K. Radio maps have been obtained in both circular polarizations with angular resolutions from 5 to 200 mas. An angular size of 1 mas corresponds to 2 A. U. Two vortices detected among the structures. A compact source — star surrounded by two pairs of components corresponding to the tangential directions of the arms seen edge on is observed in region A. The disk diameter is about 260 A. U. The surrounding material

flows along the arms toward the center and ejected in the form of a rotating outflow observed at a distance up to  $10^4$  A. U. The outflow accelerates and collimates because of its interaction with the surrounding medium. The second vortex observed in left-hand circular polarization. The brightness temperature of the central compact source is  $T_b \approx 10^{11}$  K. The orbital velocity of the flow along the arm decreases as the center is approached from 0.2 km/s at a distance of 200 A. U. to  $0.1 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  at 140 A. U., suggesting rigid-body rotation. The positions of three sources in orthogonal circular polarizations identified. The line splitting reaching  $\Delta f = \pm 10.6$  kHz, and corresponding to a magnetic field  $H = 7.6$  mG. A number of fragments are observing only in one of the polarizations. We will consider the main objects of Universe — galaxies.

### 3. Galaxy

Results of spectral researches in infrared radiation testify to similar kinematics of our Galaxy. Keplerian movement of gas flow in remote parts passes in solid-state in the central part — a bar, the disk observed from an edge. Excess angular momentum is carried away by a bipolar stream, the speed and temperature of which grows as approaching the center, Fig. 3 (see p. 10).

### 4. NGC 4258 (M106)

The galaxy of NGC4258 belongs to seyfert and represents a two-arm spiral with a bar,  $z = 0.00154$  of Fig. 4 (see p. 11). The distance to it is equal  $6.4 \pm 0.9$  Mpc and 1 mas corresponds to  $\sim 0.035$  pc. Velocity of the central part is  $472 \pm 4$  km/s. In a continuum bipolar emission, with prevalence of radiation of one of streams is observed. The expiration of streams defines solid-state rotation of a disk, a visible edge — bar. Powerful maser radiation of a galaxy in lines of water vapor allowed to investigate its fine three-dimensional structure. Maser radiation is concentrated in two peripheral and the main central group of the profile [Greenhill et al., 1995; Miyoshi et al., 1995]. We will consider their features.

#### *Remote groups*

Spectral lines in remote parts of a profile correspond to two groups of sources — to the tangential directions of streams of sleeves of Fig. 4. Radiation of the left group which is moving away from the observer consisting approximately of 6 compact sources. They are located at distance

$4.5 \leq R \leq 8$  mas or  $0.18 \leq R \leq 0.32$  pc from the center. Velocity of removed source of the groups in the local rest system  $V_{rot} = 1245 \pm 2$  km/s that corresponds to the rotation period  $T \approx 770$  years. Velocity of an internal source of  $V_{rot} = 1450 \pm 2$  km/s and the rotation period  $T \approx 700$  years [Greenhill et al., 1995; Miyoshi et al., 1995]. Radiation of the right, coming nearer group of a component consisting of three sources significantly lower. They are located at distance  $5.5 \leq R \leq 6.5$  mas from the center and have negative velocity — (350–450) km/s, Fig. 4. Velocity of sources of both groups correspond to the kepleperian movement round a black hole, the mass of  $M = 3.6 \cdot 10^7 M_{sun}$ . Average time of a rotation of sources  $\sim 750$  years. An average component of velocity of the movement in the radial direction  $V_{rad} \approx 10$  km/s.

### *Central group*

The main maser emission is concentrated in the central group of the components. Radiation is determined by the tangential directions of the streams in the center disk — bar [Matveenko, 2013]. The failure of emission in the center of a profile contents 6 components is dividing into two groups. Intensity of radiation a component exponential increases as approaching the center with  $\sim 0.4$  to  $\sim 4$  Jy. Linewidth of radiation a component doesn't exceed  $\Delta v \leq 0.5$  km/s. Velocity of the components lie in limits —  $55 \leq v \leq 55$  km/s concerning the center of the profile  $v_o = 485 \pm 1$  km/s. This value specifies the velocity of local system of rest of  $v_{LSR} = 472 \pm 4$  km/s [Greenhill et al., 1995]. Sources of maser emission are distributed along extended structure, 0.6 mas or  $\sim 0.024$  parsec and oriented at an angle  $(83 \pm 2)^\circ$ . Maser sources are the tangential directions of a two-arm spiral [Matveenko, 2013]. The gradient of relative location of a component from velocity corresponds to  $d\rho/dv = 3.70 \pm 0.02$   $\mu\text{as}/\text{km}/\text{s}$  or to speed gradient  $dv/d\rho = 7970 \pm 40$  km/s/ps [Greenhill et al., 1995] that assumes rigid-body rotation of a disk with period  $T \approx 750$  years [Матвеенко, 2013].

Maser emission of the central group of sources begins with  $R = 0.3$  mas distance or  $\sim 0.01$  ps and exponential increased as approaching the center. A pumping of maser emission — the infrared radiation of the central region. Remove of maser emission In the center of disk determined by increase of density and temperature of the matter. The size of active area — the size of a nozzle of a high-speed stream of  $\leq 0.06$  mas or  $\sim 0.002$  pc. Radiation of the ejecting matter is observed in a continuum.

Maser emission of external part of arm fragments with on the Keplerian movement determined by a collisions, acceleration of streams. The increased velocity of the hydrogen molecules relatively molecules of water

vapor is defined by considerable difference of their masses. Further relative velocity of the molecules is leveled and the maser radiation decreases. At approach to the center the radiation pumping starts working and maser emission exponential increases [Матвеевко, 2013].

## 5. Cyg A

Researches of superfine structure of a number of objects with active nucleus in the band of the millimetric—centimetric lengths of waves in a continuum established similar features of structure and kinematics. We will consider a radiogalaktika Cyg A ( $z = 0.056$ ) which is removed on distance of 249 Mpc and 1 mas corresponds 1.13 pc. It is one of the few galaxies in which bipolar outflow jet and conterjet is observed by Fig. 5 (see p. 14). In infrared radiation brightness of a conterjet exceeds jet brightness. The direction of ejection of a flow of jet in the sky plane relatively a disk corresponds to a corner near  $50^\circ$ . Observed darkening of the central part is defined by absorption of IR radiation by disk dust. Researches of thin structure of a galaxy on waves of millimetric band with the angular permission of  $\sim 0.1$  mas showed that jet size exceed the sizes of a conterjet more than twice, Fig. 5a. The bipolar high-velocity outflow of relativistic plasma is located between two strips which corner of a divergence is equal to  $\sim 4^\circ$  Fig. 5b. Velocity of the ejection of high-velocity outflows doesn't exceed  $v \leq 0.06c$ . Thus jet acceleration to the light velocity seen near  $\beta_{vis} \approx 1$  at distance about 1.5 mas or a parsec is noted. Then delay of Fig. 5c [Boccardi et al., 2014] is observed. On wavelength  $\lambda = 2$  cm at resolution to  $\varphi = 20 \mu\text{as}$  it is allocated over fine structure [Матвеевко, Селезнев, 2015a]. Sizes of a conterjet  $< 0.8$  mas there are significantly less than jet  $\sim 3$  mas that is determined by acceleration of the last. The brightness temperature of a outflow at the exit of a nozzle corresponds to  $T_b \approx 4 \cdot 10^{12}$  K. The central high-speed bipolar stream is located between parallel chains of compact components, the carried on  $\sim 0.7$  mas or  $\sim 0.75$  ps. The chains correspond to the tangential directions of walls of a low-speed stream. At resolution  $\varphi = 50 \mu\text{as}$  and  $\varphi = 100 \mu\text{as}$  Fig. 5e and Fig. 5f extended components of chains and on a detection limit components of the following low-speed stream with a diameter of 1.8 mas or 2 pc are noted by asterisks. Diameters of surrounding tubes — low-velocity streams correspond  $\sim 75$  pc and 2 pc. The ring currents contracting in rings which tangential directions are observed in the form of fragments of chains are excited in walls of the rotating plasma tubes. Ring currents form the magnetic fields like the solenoid sent lengthways to an axis of a coaxial bipolar stream. The central high-velocity jet is observed from distance of 0.2 mas, Fig. 5b. The lowered radiation is observed and on millimetric

waves and is defined by absorption in thermal plasma of a disk unlike absorption in IR spectrum on a dust component.

## 6. The radiogalaxy of M 87

M 87 — a radio source Virgo A — the nearest galaxy with typical structure a nucleous and one side jet, is at distance of 16.75 pc and 1 mas corresponds 78 mpc. It is one of the first objects which structure was investigated by the VLBI method on wavelength  $\lambda = 18$  cm, Fig. 6 (see p. 17) [Biretta, Jwen, 1995; Reid et al., 1989]. Velocity of fragments in jet are small  $v = (0.03 \pm 0.02)c$ . The attention to a possible limb, surrounding jet, and existence of a counterjet was paid attention. As follows from observations on a wavelength  $\lambda = 2$  cm, the velocity of the fragments located at distance to  $\rho \approx 0.5$  pc from a core is equal to  $v = (0.04 \pm 0.02)c$  and increases to  $(0.5-1)c$  at distance  $\rho \approx 1$  pc, and  $2c$  at  $\rho \approx 200$  pc correspondently [Kellermann et al., 2004] and further to  $6c$  at distance of 500 pc. It assumes acceleration of a stream throughout Jett and confirms Shklovsky's assumption [Шкловский, 1969] about compensation of losses of radiation of relativistic electrons.

Researches of superthin structure of a galaxy on lengths of waves  $\lambda = 2$  cm and  $\lambda = 3$  cm showed that diameter of a high-speed bipolar stream doesn't exceed 0.05 mas ( $\sim 4$  mps) [Матвеевко, Селезнев, 2011, 2014, 2015b]. The spiral structure of a high-speed flow of jet and a counterjet are mirror to reflections of each other. Observed difference of the sizes of their streams in  $\sim 2.5$  of time is defined by the increased jet velocity. The stream is surrounded with parallel chains a component, the walls of a low-velocity hollow stream of corresponding to the tangential directions Fig. 6b and Fig. 6c [Матвеевко, Селезнев, 2011]. Diameter of a tube of jet increases in process of removal with  $\varnothing \approx 1.0$  mas (0.08 pc) at the exit of a nozzle and to  $\varnothing \approx 2$  mas (0.16 pc) in remote part. Low-speed counterjet at a wave 3 cm has the shorter sizes and the form like a bell of Fig. 6b determined by reduction of diameter of a nozzle during ejection of a stream.

The central region of a core of a galaxy of M 87 on the wavelength  $\lambda = 2$  cm in the increased scale is shown in Fig. 6c. In the center the structure — the disk observed from an edge and oriented orthogonally to a high-speed bipolar stream is allocated. High velocity the stream has a helix form. The brightness temperature of a stream at the ejector exit on a wave  $\lambda = 2$  cm reaches  $T_b \approx 10^{12}$  K. The radio emission the ejected of relativistic electrons of a bipolar outflow exponential falls down to minimum detectable level at distance  $\sim 1$  ms or  $\sim 0.08$  pc, Fig. 6d. Radio the emission of electrons in jet is watched far limits of time of their radiation. Acceleration



of a stream compensates losses of radiation and defines jet afterglow outside the distances determined by time of their life. From visible peripheral part of a disk there is an ejection of a low-velocity bipolar stream — parallel chains.

Extended structure of a bipolar stream of a galaxy on a wave  $\lambda = 7$  mm resolution of  $0.3 \times 0.6$  mas as it is given in Fig. 6f. In outflows bright impregnations fragments are allocated. Diameter of a low-speed stream — a tube increases from  $\sim 0.1$  pc at the nozzle exit to  $\sim 0.2$  pc in remote part. In rotating a tube the currents contracting in rings which tangential directions are observed in the form of chains a component are excited. Ring currents form a magnetic field like the solenoid, coaxial to a stream.

## 7. 1803+784

BL Lac object, which red shift of  $z = 0.68$ , is at distance of 2700 Mpc and 1 mas corresponds  $\sim 5$  pc. On radio to the card of a galaxy on a wave  $\lambda = 18$  cm with the angular resolution  $\varphi = 2$  mas or 10 pc are observed a compact core and cone-helix jet with the bent axis Fig. 7a (see p. 21), an epoch 1993.4 [Britzen et al., 2005]. A high-speed jet and counterjet are allocated at angular resolution  $\varphi = 0.1$  mas Fig. 7b. Peak value of intensity of radiation 0.372 Jy/beam corresponds to a compact source — a nozzle of a counterjet which brightness temperature is equal to  $T_b \approx 23 \cdot 10^{12}$  K. Jet radiation starts being shown with distance of 0.6 mas or 3 pc at an exit out of limits of dense part of a disk. The nozzle is surrounded by ring structure with fragments diameter of  $\varnothing_f \approx 2.7$  mas or 14 pc. The ring represents a nozzle of the low-velocity outflow surrounding high-speed jet and determined visible peripheral part of the disk oriented parallel to the sky plane. The tangential directions of a low-speed flow of jet — a wall of a tube are observed in the form of parallel strips with fragments. Diameter of a tube corresponds to diameter of a nozzle, Fig. 7b. Observed expansion of a low-velocity outflow of a counterjet from the ejector like a bell determined by delay of reduction of diameter of a nozzle in process of ejection of matter. The similar form has jet, but it smooths out the big length exceeding the size of a counterjet more than by 4 times. Diameter of an external low-velocity outflow of jet is equal 4.2 mas, Fig. 7b.

At higher frequencies fragments of structure near a core are allocated [Матвеевко и др., 2010]. On wavelength  $\lambda = 3$  cm with the resolution  $\varphi = 0.05$  mas, epoch 2006.09.06, as well as earlier, is observed the ring structure with fragments corresponding to a nozzle of a low-velocity outflow with a diameter of 1 mas or 5 pc, Fig. 7c. Radiation of the disk doesn't exceed 0.2 % of peak  $I = 1.21$  Jy/beam. The bright compact source —

a nozzle of a counterjet and the counterjet are before a disk and its brightness reaches  $T_b \approx 12 \cdot 10^{12}$  K. The jet outflow ejected in the opposite direction and becomes seen only from distance of 0.4 mas or 2 pc at an exit out of limits of the dense absorbing part of a disk. Jet is surrounded with a low-velocity stream which tangential directions are observed in the form of parallel chains. This structure is observed and on wavelength  $\lambda = 2$  cm, an epoch 1997.03.13, resolution  $\varphi = 0.1$  mas, Fig. 7*d*. With increase of frequency jet is observed from the smaller distance equal to 0.2 mas or 1 pc. On a wavelength of  $\lambda = 2$  cm fragments and an internal low-velocity stream are allocated with diameter of  $\sim 0.3$  mas or  $\sim 1.5$  pc. On wavelength  $\lambda = 7$  mm an epoch 2000.04.05 resolution  $\varphi = 0.02$  mas jet is observed from distance of 0.12 mas or 0.6 pc. Peak value at the exit of a nozzle of a counterjet equally  $I = 0.46$  Jy/beam or  $T_b \approx 10^{12}$  K. Diameter of ring structure — low-velocity jet is equal 0.23 mas or 1.2 pc that corresponds to the size of a nearby low-velocity nozzle. Diameter of a outflow increases in process of removal to 2.5 pc at distance of 1.5 mas or 8 pc Fig. 7*e*. The central region and the ring structure is given in the increased scale in Fig. 7*f*. Here pieces of straight lines showed orientation of the polarized emission almost orthogonally to a ring [Матвеенко и др., 2010]. Brightness of a high-velocity stream at the exit of a nozzle corresponds to  $I = 1.21$  Jy/beam or  $T_b \approx 10^{12}$  K.

### 8. 3C 345

3C 345 — the known quasar ( $z = 0.595$ ) removed on distance of 2500 Mpc and 1 mas corresponds 3.79 pc. The structure contains a core and one side jet. In the central region there is a thermal plasma observed in emission lines in optics. Absorption in recombination radio lines of the 3 cm band shown that thermal plasma surrounding a core region Fig. 8*a* (see p. 25) [Матвеенко и др., 2005]. In this regard, the central region of a core is visible only on millimetric — short centimeter of wave lengths. Researches of thin structure of a quasar on lengths of waves  $\lambda = 2$  cm and  $\lambda = 7$  mm with the resolution  $\varphi = 20$   $\mu$ as established existence of a counterjet and allowed to define its features of Fig. 8*b* [Матвеенко, Сиваконь, 2013; Матвеенко, Витцел, 1999]. Jet and counter jet structures correspond to the conical spiral with a variable step and the bent axis and are a reflected of each other of Fig. 8*c*. The structure of a bipolar stream in the increased scale on wavelength  $\lambda = 7$  mm an epoch 5.04.2000 is given in Fig. 8*d*, the peak brightness of  $I_{peak} = 0.876$  Jy/beam and an average view of epoch of 24.01.00-15.04.01 Fig. 8*e*,  $I_{peak} \approx 1.0$  Jy/beam. Jet sizes exceed counterjet approximately by 7 times that is defined by his acceleration of Fig. 8*d*. The brightness temperature of the ejector reaches  $T_b \approx 2 \cdot 10^{12}$  K. Brightness of high-velocity outflows

exponential falls down at distance to  $\rho \approx 2.5$  mas that is determined by radiation losses of the ejected relativistic electrons of Fig. 8f. Acceleration of a outflow offsets losses of electrons and jet radiation is observed at a great distance.

In the center of active area on a wave  $\lambda = 7$  mm are allocated structure, orthogonal to a high-speed bipolar stream which corresponds to the central visible part of the disk observed from an edge, Fig. 8e. The disk has a small inclination to the sky plane that reduces brightness of nearby part of jet. From remote part of a disk with a diameter of 0.22 mas or 0.9 pc ejected a low-velocity bipolar stream which diameter increases from 0.25  $\mu$ as ( $\sim 0.9$  pc) at the nozzle exit to 0.65 mas ( $\sim 2.5$  pc) at distance  $\rho$  mas  $\sim 2$  mas ( $\sim 8$  pc). Brightness of a disk and fragments of low-velocity outflows don't exceed 1 % of peak value, Fig. 8c and Fig. 8e.

Researches of kinematics of fragments of a high-velocity outflow of jet on a wavelength  $\lambda = 7$  mm showed that the velocity of the ejection of matter doesn't exceed  $\leq 0.06c$ , and accelerated until  $8c$  at distance about 0.5 pc of Fig. 8g. The movement of fragments with this velocity had been at distance to 2 pc and further is slowed down to initial level [Матвееenko, Сиваконь, 2013]. Observed changes of velocity of fragments perhaps, are defined by a refraction of the passing radiation in surrounding thermal plasma of acceleration zone limits.

On wavelength  $\lambda = 2$  cm are observed jet in the form of the cone with the bent axis and conterjet Fig. 8h epoch 02.11.2012 and Fig. 8i epoch 30.10.1998 resolution  $\varphi = 50 \mu$ as and  $\varphi = 20 \mu$ as respectively. The brightness temperature of a nozzle reaches  $T_b \approx 7 \cdot 10^{12}$  K and  $T_b \approx 50 \cdot 10^{12}$  K. The central high-speed flow of jet is surrounded with the low-velocity component observed at distance to 10 mas or 35 pc of Fig. 8h. Its diameter increases from 0.4 mas ( $\sim 1.5$  pc) to 1.5 mas ( $\sim 6$  pc). The initial part of jet is surrounded with parallel chains a component the distance between which corresponds to  $\sim 0.5$  mas or  $\sim 2$  pc, epoch 2000.02.04, resolution  $\varphi = 20 \mu$ as of Fig. 8j. Peak brightness of  $I_{peak} = 1.82$  Jy/beam or  $T_b \approx 30 \cdot 10^{12}$  K. The high-velocity bipolar outflow has an appearance of the dispersing spiral with a variable step and the bent axis, determined by gasdynamic instability and jet influence on a disk [Матвееenko, Витцел, 1999; Матвееenko, 2001].

### 9. 3C 454.3

3C 454.3 — blazar, object with active core, a disk orientes in the sky plane and a outflow is ejecting in the direction on the observer. The distance to a blazar ( $z = 0.859$ ) is equal 2200 Mpc and 1 mas corresponds to 4.3 pc. The

radio structure is similar to structure of a quasar 3C 345 and consists of a compact core and spiral cone-shaped jet with a variable step and the bent axis, Fig. 9a (see p.34), wavelength  $\lambda = 2$  cm, resolution  $\varphi = 0.1$  mas. The visible structure practically repeats on waves  $\lambda = 2.5$  cm and  $\lambda = 3$  cm, Fig. 9b and Fig. 9c. Distinctive feature is the arc-shaped fragment of structure which is peripheral part of a disk with a diameter of 3.4 ms, arches (15 pc). The structure is similar to a Seyfert galaxy 1803+784. Brightness of an arc fragments on the considered lengths of waves an epoch 2006.06.15 is equal 70, 60 and 30 мJy/beam and corresponds to a spectrum with a low-frequency cut off, with a spectral index in low-frequency part  $\alpha \approx 1.7$ . Brightness of fragments is small and the positive spectral index possibly is defined by transparency of the thermal screen, but not a reabsorption. About same growth of the brightness temperature of the ejector with shortening of wavelength from  $T_b \approx 4 \cdot 10^{12}$  K to  $T_b \approx 5 \cdot 10^{12}$  K respectively.

## 10. NGC 1275 Seyfert galaxy

A radio source 3C 84 is at distance 110 Mpc and 1 mas corresponds 0.55 pc. Its nature is up to the end not clear. On one representations it is the facing galaxies [Minkovsky, 1957], on another — the blowing-up galaxy [Burbidge, Burbidge, 1965]. Observed splitting of spectral lines of the central region assumes the relative velocity of radiation of the making fragments reaching  $\sim 600$  km/s [Дибай, 1969]. The first observations on global VLBI network on a wave of 1.35 cm established double structure of object [Матвеевко и др., 1980; Паулини Тос и др., 1978]. The subsequent studies superfine structure of a galaxy on a wavelength 2 cm during 2005–2010 showed that the object consists of the active region and two ears located at distance of 5 pc to the North ( $X = -10^\circ$ ) and 6.5 pc to the South ( $X = 170^\circ$ ) respectively [Матвеевко, Селезнев, 2016]. The structure of object with the resolution  $\varphi = 0.4$  mas is shown in Fig. 10a (see p. 35) epoch 18.11.2005, peak value of brightness of  $I_{peak} = 2.17$  Jy/beam. Observable, the separation of ears is defined by decrease of the activity of a core. Active region consists of two parallel identical structures carried in the sky plane on 0.5 pc in the direction  $45^\circ$ , Fig. 10b, an epoch 18.11.2005, resolution  $\varphi = 50 \mu\text{as}$ . Each structure consists of a disk, a core and a bipolar stream. The disk observed from an edge is foriented in the sky plane under a corner  $60^\circ$ . Bipolar outflows are directed towards “ears”, Fig. 10b. High-speed bipolar outflows of east and western systems are surrounded with low-velocity components — tubes, diameter of  $\varnothing_1 \approx 0.6$  mas, arches (0.3 pc). The following couple, diameter of  $\varnothing_2 \approx 1.5$  mas (0.8 pc) and  $\varnothing_{13} \approx 2.6$  mas (1.4 pc) connected in the uniform structure surrounding the central outflows of

Fig. 10b and Fig. 10c an epoch 27.10.2009,  $\varphi = 0.05$  mas, arches and brightness of  $I_{peak} = 1.44$  Jy/beam. The brightness temperature of the ejector reaches  $T_b^{peak} \approx 4 \cdot 10^{12}$  K. Systems are gravitationally connected among themselves [Шкловский, 1978]. The observed splitting of spectral lines reaching  $\sim 600$  km/s decides by their orbital movement round the center of system on the period of  $\sim 5 \cdot 10^3$  years, and their weight corresponds  $M \approx 10^7 M_{sun}$ .

## ANALYSIS OF RESULTS

The conducted researches of thin structure and kinematics of active astronomical objects, type of the fields of education of stars and cores of galaxies testify to their vortex nature similar to terrestrial tornadoes. Formation of whirlwinds — result of instability of progress movement of a matter. The matter, surrounding space, flows on a helix to the center of a whirlwind and is ejected, in process of accumulation of excess angular momentum, in the form of the rotating bipolar stream. Structures like the coaxial tubes surrounding the central high-speed bipolar stream are formed. Velocity of matter and temperature of plasma exponential increase as approaching the center, reaching relativistic values. The rest drops out on the formed central body which gravitational field accelerates and stabilizes process [Абрамян, Матвеевко, 2012]. The visible sizes of the rings nozzles of bipolar streams and conformity angular and linear values are provided in Table. Diameters nozzles of the high-velocities outflows are less the reached resolution. In remote objects of  $\varnothing_0 < 0.2$  pc. The sizes of nozzles of the galaxies located at the minimum distances, galaxies of M 87 and Cyg A lie within  $0.001 \leq \varnothing_0 \leq 0.02$  pc. In a nearby galaxy of M 87 size comes nearer to the measured value  $\sim 0.001$  pc. On a measure an overflowing from the periphery to the center of a disk thermal plasma is warmed up to the relativistic temperatures. The brightness — electronic temperatures at the exit of a nozzle lie within  $5 \cdot 10^{12} \leq T_b \leq 20 \cdot 10^{12}$  K.

The sizes of nozzles nearby low-velocity outflows approximately on order exceed the sizes of a high-velocity stream and lie within  $0.07 \leq \varnothing_1 \leq 3.0$  pc. In the course of ablation of excess angular momentum — the ejection of matter diameter of a nozzle decreases therefore the low-velocity outflow structure formed like a bell, for example, of M 87. The sizes more remote nozzles practically by 3 times exceed the sizes of an internal nozzle of  $\varnothing_2 \approx 3\varnothing_1$ . The most remote nozzle is observed in object 1803+784 equally  $\varnothing_3 \approx 14$  pc and practically corresponds to visible part of a disk. Ablation of excess angular momentum leads to rigid body rotation of a disk.

Diameters of nozzles of jets

Object	$\varnothing_0$	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	pc/mas
Orion KL, A. U.	0.05	15	—	—	0.05
NGC 4258, pc	~0.003	0.02	—	—	0.038
Cyg A, pc	0.02	0.75	1.8	—	1.13
M 87, pc	0.001	0.07	—	—	0.078
1803+784, pc	<0.2	4	7	14	5
3C 345, pc	<0.1	0.9	1.8	—	3.79
3C 454.3, pc	<0.2	1.5	3.4	15	4.3
3C 84, pc	0.03	0.3	0.8	2.6	0.55

Interaction with surrounding medium, accelerates and collimates the rotating outflow. The jet structures and a counterjet are identical and are mirror reflection of each other. Aerodynamic instability of the ejected streams causes an axis precession — formation of structure of a stream like the conic helix with a variable step, and jet influence bends an axis and the plane of a disk. This purely gasdynamic phenomenon occurring in neutral environments is also observed as in terrestrial conditions in the form of tornadoes, and star formation regions, and galaxies. In small whirlwinds the mass of matter is insufficient for formation of the central massive body that limits time of their life.

In case of the electroconductive medium — in walls of rotating plasma tubes are excited of the ring currents. The structure like the solenoid, which magnetic field coaxially to a stream is formed. Progress movement excites the magnetic power tube surrounding a stream, or ring magnetic fields of opposite directions in the disk plane. The magnetic field of system, is defined by kinetic energy of plasma: flowing in a disk, the ejected outflowers and dropping out on the central body. The rotary component prevails. The excited magnetic fields in addition stabilize and accelerate process of formation of system [Абрамян, Матвеевко, 2012; Lovelace, Berk, 1991].

The expiration of a bipolar outflow equally probability in both parties, as is observed in neutral mediums — the whirlwinds arising in free space over a surface of the earth and star formation regions. However, in case of electroconductive medium of galaxies, asymmetry is observed. The increased size and emission of relativistic electrons of jet at the distances exceeding time of their life testify to it. The visible sizes of jet and a counterjet differ several times confirms that difference. Their movement with “frozen” magnetic fields is along and opposite the general field of system that

leads to acceleration or to braking of outflowers jet and a counterjet. Circular components of magnetic fields can have a certain impact. Velocity of ejection of outflowers doesn't exceed  $<0.1c$ . In some cases, in particular, a quasar 3C 345, a galaxy Cyg A, accelerations of fragments of jet at distances in some pc to visible superlight velocity are observed. But probably it is determined by passing of a radio emission along surrounding thermal plasma, by phase velocity — a refraction.

## CONCLUSION

Researches of superfine structure of regions of star formation and active cores of galaxies established identity of their structures and kinematics with the whirlwinds observed in terrestrial conditions. Instability of progress of gas leads to a turbulence and running off on a spiral to the center. Excess angular momentum is carried away in process of its accumulation by the bipolar rotating outflowers. Velocity of streams exponential increase as approaching the center. The rest of medium drops out on the central body which gravitational field accelerates and stabilizes process. The mass of terrestrial whirlwinds is small for formation of a massive body, respectively it is not enough also time of their life. Collimation and acceleration of streams decides by interaction on their environment.

Ring currents — longitudinal magnetic fields are excited in the electroconductive environment in plasma of a disk and the rotating outflowers. Corresponds to a component of progress, a surrounding magnetic tube and ring magnetic fields of opposite rotation of the top and lower part of a disk. A source of a magnetic field is kinetic energy of matter. The rotary component of the movement prevails. Magnetic fields in addition stabilize and accelerate formation of system. The expiration of flows of jet and a counterjet is equally probability, but happens along and opposite a magnetic field of system that them accelerates or brakes. Visible superlight velocity of the movement of fragments of streams are defined by the phase — velocity of propagation of radio waves in surrounding thermal plasma.

*Acknowledgements:* Author thanks M. O. Erochova, E. L. Matveyenko and N. Yu. Komarova for help in preparing the article.

## ЛИТЕРАТУРА

- [Абрамян, Матвеевко, 2012] *Абрамян М. Г., Матвеевко Л. И.* Начальная фаза формирования протозвезды // *Астрофизика*. 2012. Т. 3. С. 397.
- [Берк, 1973] *Берк Б. Ф.* и др. Наблюдения источников мазерного излучения с угловым разрешением 0,2 мсек. дуги // *Радиофизика*. 1973. Т. 5. С. 799.
- [Бритцен и др., 2001] *Бритцен С., Витцел А., Крихбаум Т. Р.* и др. Исследования сверхтонкой структуры объекта 1803+784 // *Письма в Астрон. журн.* 2001. Т. 27. № 1. С. 3–18.
- [Демичев, Матвеевко, 2004] *Демичев В. А., Матвеевко Л. И.* Область звёздообразования в *Ogion KL*, эпоха 1985 // *Астрон. журн.* 2004. Т. 81. № 12. С. 1074–1083.
- [Демичев, Матвеевко, 2010] *Демичев В. А., Матвеевко Л. И.* Биополярный поток в активной области Ориона КЛ // *Астрон. журн.* 2010. Т. 11. С. 1072.
- [Дибай, 1969] *Дибай Э. А.* Свойства ядра NGC 1275 // *Астрофизика*. 1969. Т. 46. С. 725.
- [Матвеевко, 1983] *Матвеевко Л. И.* Видимые сверхсветовые скорости разлёта компонент во внегалактических объектах // *Успехи физических наук*. 1983. Т. 140. Вып. 3. С. 463–502.
- [Матвеевко, 2001] *Матвеевко Л. И.* НП-области и радиовидимость ядер квазаров // *Письма в Астрон. журн.* 2001. Т. 27. № 11. С. 807–811.
- [Матвеевко, 2004] *Матвеевко Л. И.* Профиль линии супермазерного  $H_2O$  излучения: структура области эжектора в Орионе КЛ // *Астрон. журн.* 2004. Т. 81. № 8. С. 726–731.
- [Матвеевко, 2013] *Матвеевко Л. И.* Единство многоликости: докл. // *Всерос. астроном. конф. «Многоликая Вселенная» (ВАК-2013)*. 23–27 сент. 2013, Санкт-Петербург.
- [Матвеевко, Витцел, 1999] *Матвеевко Л. И., Витцел А. И.* Структура джетов квазаров 3С345 и 1803+784 // *Письма в Астрон. журн.* 1999. Т. 25. № 9. С. 643–657.
- [Матвеевко, Селезнев, 2011] *Матвеевко Л. И., Селезнев С. В.* Эжектор и биполярный поток радиогалактики М87 // *Письма в Астрон. журн.* 2011. Т. 37. № 8. С. 563–574.



- [Матвеевко, Селезнев, 2014] *Матвеевко Л. И., Селезнев С. В.* Структура и мера вращения ядра галактики М 87 // Письма в Астрон. журн. 2014. Т. 40. № 12. С. 816–829.
- [Матвеевко, Селезнев, 2015a] *Матвеевко Л. И., Селезнев С. В.* Кинематика ядра радиогалактики М 87 // Письма в Астрон. журн. 2015. Т. 41. № 12. С. 803–807.
- [Матвеевко, Селезнев, 2015b] *Матвеевко Л. И., Селезнев С. В.* Тонкая структура джета Лебеда А // Письма в Астрон. журн. 2015. Т. 41. № 12. С. 805–809.
- [Матвеевко, Селезнев, 2016] *Матвеевко Л. И., Селезнев С. В.* Особенности тонкой структуры ядра галактики NGC 1275 // Письма в Астрон. журн. 2016. Т. 42. № 4. С. 237.
- [Матвеевко, Сиваконь, 2008] *Матвеевко Л. И., Сиваконь С. С.* Поляризованное излучение эжектора в Орионе КЛ // Письма в Астрон. журн. 2008. Т. 34. № 12. С. 908–919.
- [Матвеевко, Сиваконь, 2013] *Матвеевко Л. И., Сиваконь С. С.* Кинематика активной области квазара 3С 345 // Письма в Астрон. журн. 2013. Т. 39. № 8. С. 547–579.
- [Матвеевко и др., 1965] *Матвеевко Л. И., Кардашев Н. С., Шоломицкий Г. Б.* О радиоинтерферометре с большой базой // Известия ВУЗов. Радиофизика. 1965. Т. 8. № 4. С. 651–654.
- [Матвеевко и др., 1980] *Матвеевко Л. И., Келлерман К. И.* и др. Структура ядра сейфертовской галактики NGC 1275 // Письма в Астрон. журн. 1980. Т. 6. С. 77.
- [Матвеевко и др., 2004] *Матвеевко Л. И., Захарин К. М., Даймонд Ф. Д., Грэм Д. А.* Эволюция структуры области вспышки  $\text{H}_2\text{O}$  супермазерного излучения в Орионе КЛ // Письма в Астрон. журн. 2004. Т. 30. № 2. С. 121–138.
- [Матвеевко и др., 2005] *Матвеевко Л. И., Грэм Д. А., Ценсус Д. Т.* Исследование поглощения в рекомбинационных радиолниях Н (93–95) и Н (78–79) области НП Квазара 3С 345 // Астрон. журн. 2005. Т. 82. № 4. С. 291.
- [Матвеевко и др., 2010] *Матвеевко Л. И., Сиваконь С. С., Эрштадт С. Г., Маршер А. П.* Тонкая структура объекта 1803+784 // Письма в Астрон. журн. 2010. Т. 36. № 3. С. 163.
- [Матвеевко и др., 2014] *Матвеевко Л. И., Ипатов А. В., Демичев В. А., Мельников А. Е.* Структура объекта W3 OH в гидроксильных мазерных линиях // Письма в Астрон. журн. 2014. Т. 40. Вып. 2-3. С. 95–110.
- [Паулини Тос и др., 1978] *Паулини Тос И. И. К.* и др. // Письма в Астрон. журн. 1978. Т. 4. С. 64.
- [Шкловский, 1966] *Шкловский И. С.* Излучение «мистериума» как мазерный эффект // Астрон. циркуляр. 1966. № 372.
- [Шкловский, 1969] *Шкловский И. С.* О природе линий поглощения в спектрах квазизвездных объектов // Астрон. журн. 1969. Т. 46. С. 935.
- [Шкловский, 1978] *Шкловский И. С.* О природе выброса М87 // Письма в Астрон. журн. 1978. Т. 11. С. 493.

- [Ambartsumyan, 1953] *Ambartsumyan V.A.* // Proc. 2<sup>nd</sup> Conf. on Questions of Cosmology. 1953.
- [Biretta, Jwen, 1995] *Biretta F.Zh., Jwen F.N.* Detection of Proper Motions in the M87 Jet // *Astroph. J.* 1995. V. 447. P. 582.
- [Boccardi et al., 2014] *Boccardi B., Krichbaum Th., Bach U., Ros E., Zensus J.A.* High resolution mm-VLBI imaging of Cygnus A // Proc 12<sup>th</sup> European VLBI Network Symposium and Users Meeting. EVN 2014. 7-10 October 2014, Cagliari, Italy. 2014. 6 p.
- [Britzen et al., 2005] *Britzen S., Krichbaum T.P., Strom R.G.* et al. Large-scale motion, oscillations and a possible halo on the counter-jet side in 1803+7842005 // *Astronomy and Astrophysics (A&A)*. 2005. V. 444. P. 443–454.
- [Burbidge, Burbidge, 1965] *Burbidge E.M., Burbidge G.R.* // *Astroph. J.* 1965. V. 142. P. 1351.
- [Burke et al., 1971] *Burke B.F., Matveyenko L.I., Moran J.M.* et al. High Resolution Measurement of the Angular Size of the Water Vapor Radio Sources in W 49 // *Bul. American Astronomical Soc.* 1971. V. 3. No. 4. Pt. 1. P. 468.
- [Cheung et al., 1969] *Cheung A.C., Rank D.M., Townes C.H.* et al. Detection of Water in Interstellar Regions by its Microwave Radiation // *Nature*. 1965. V. 221. P. 626.
- [Greenhill et al., 1995] *Greenhill L.J., Jiang D.R., Moran J.M.* et al. Detection of a Superparsec Diameter Disk in the Nucleus of NGC 4258 // *Astroph. J.* 1995. V. 440. P. 619.
- [Kellermann et al., 2004] *Kellermann K.I., Lister M.L., Homan D.C.* et al. Sub-Milliarcsecond Imaging of Quasars and Active Galactic Nuclei. III. Kinematics of Parsec-scale Radio Jets // *Astroph. J.* 2004. V. 609. P. 539.
- [Kronberg et al., 2011] *Kronberg P.P., Lovelace R.V.E., Lapenta G.* et al. Measurements of the Electric Current in kpc Scale Jets // *Astroph. J. Let.* 2011. V. 741. P. 1.
- [Lovelace, Berk, 1991] *Lovelace R.V.E., Berk H.L.* Magnetically driven jets and winds // *Astroph. J.* 1991. V. 379. P. 696–705.
- [Matveenko et al., 2010] *Matveenko L.I., Sivakon S.S., Seleznev S.V.* et al. Early cycle of matter in active region of star formation, and AGN objects // 10<sup>th</sup> European VLBI Network Symp. and EVN Users Meeting. Manchester, UK, Sept. 20–24, 2010.
- [Minkovskiy, 1957] *Minkovskiy R.* Optical Investigations of Radio Sources: Introductory Lecture // Proc. 4<sup>th</sup> IAU Symp. Radio Astronomy. Intern. Astronomical Union / Ed. H.Ch. Van de Hulst. Cambridge: Cambridge University Press, 1957. P. 107–122.
- [Miyoshi et al., 1995] *Miyoshi M., Moran J.M., Herrnstein J.R.* et al. Evidence for a black hole from high rotation velocities in a sub-parsec region of NGC4258 // *Nature*. 1995. V. 373. Iss. 6510. P. 127–129.

- [Reid et al., 1989] *Reid M.J., Biretta J.A., Junor W.* et al. Subluminal motion and limb brightening in the nuclear jet of M87 // *Astrophys. J.* 1989. V. 336. P. 112–120.
- [Weaver et al., 1965] *Weaver H., Williams D. R. W., Diefer N. H., Lum W.* Observation of a strong unidentified microwave line and of emission from the of mole-cule // *Nature.* 1965. V. 208. P. 29.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Особенности структуры объектов . . . . .	5
1. Смерч . . . . .	5
2. Орион КЛ . . . . .	5
2а. Газопылевой комплекс W 3ОН . . . . .	8
3. Галактика . . . . .	9
4. NGC 4258 (M106) . . . . .	9
Удалённые группы . . . . .	10
Центральная группа . . . . .	12
5. Лебедь А . . . . .	13
6. Радиогалактика М 87 . . . . .	16
7. Источник 1803+784. . . . .	20
8. 3С 345 . . . . .	24
9. 3С 454.3 . . . . .	31
10. NGC 1275 . . . . .	34
Анализ результатов . . . . .	36
Заключение . . . . .	38
Introduction . . . . .	41
Peculiarities of the structures . . . . .	42
1. Whirlwinds . . . . .	43
2. Orion KL . . . . .	43
2а. W 3ОН . . . . .	44
3. Galaxy . . . . .	45
4. NGC 4258 (M106) . . . . .	45
Remote groups . . . . .	45
Central group . . . . .	46
5. Cyg A . . . . .	47
6. The radiogalaxy of M 87 . . . . .	48
7. 1803+784 . . . . .	49
8. 3С 345 . . . . .	50
9. 3С 454.3 . . . . .	51
10. NGC 1275 Seyfert galaxy. . . . .	52
Analysis of results. . . . .	53
Conclusion. . . . .	55
Литература . . . . .	56