

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(26—27 февраля 1986 г.)

26 и 27 февраля 1986 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

26 февраля

1. В. Л. Афанасьев. Связь структуры галактик с активностью их ядер.
2. В. Ф. Шварцман. Исследования по релятивистской астрофизике и космологии на 6-метровом телескопе.
3. И. М. Копылов. Спектральные наблюдения на 6-метровом телескопе двойных систем с релятивистскими компаньонами.
4. Л. И. Снежко. 6-метровый телескоп БТА: состояние и перспективы.

27 февраля

5. П. Г. Костюк. Работа нервной клетки.
6. В. Л. Дунин-Барковский. Многонейронные структуры: теория и эксперимент.
7. Л. Б. Иоффе, М. В. Фейгельман. Спиновые стекла и модели памяти.

Краткое содержание пяти докладов приводится ниже.

И. М. Копылов. Спектральные наблюдения на 6-метровом телескопе двойных систем с релятивистскими компаньонами. Программа спектральных исследований рентгеновских пар с массивными оптическими компаньонами начала готовиться в САО еще в 1975—1976 гг. Регулярные наблюдения проводились в 1978—1983 гг. на камере № 2 ОЗСП БТА с дисперсией 9 и 28 Å/мм, частично (для более слабых объектов) — в первичном фокусе БТА на спектрографе УАГС с ЭОПом (дисперсия 56 Å/мм). Рабочий диапазон длин волн λ 3700—6700 Å. Сведения об изученных объектах приведены в таблице. Цель исследований заключалась: для ярких объектов — в определении всех физических

Объект	Звезда	B	V	Количество спектрограмм	
				ОЗСП	УАГС
4U 1956+35	HDE 226868	9 ^m ,7	8 ^m ,9	62	—
A 0535+26	HDE 245770	9,4	8,9	67	43
4U 0352+30	X Персея	6,8	6,7	44	—
2S 0114+650	LSI + 65°, 010	12,2	11,7	9	18
X 0236+610	LSI + 61°, 303	11,6	10,8	7	17
2A 1052+606	BD + 61°, 1211	10,0	8,8	6	10
4U 0115+63	v635Cas	17,1	15,6	6	8
SS 433	v1347Aql	16,7	14,5	См. текст	

параметров оптических компаньонов, структуры и нестационарности их атмосфер, темпов потери массы, в определении или уточнении орбит и моделей систем и оценках масс релятивистских компаньонов; для слабых — в определении, в первую очередь, физических параметров оптических компаньонов. Каждый объект изучался с разной степенью полноты в зависимости от важности новых сведений о нем для проблемы эволюции тесных двойных систем, темпов потери вещества такими системами и определения природы релятивистских спутников. Основные результаты исследований опубликованы. В докладе рассказано только о двух, наиболее интересных системах — Лебедь X-1 и SS 433.

1. Лебедь X-1 (4U 1956 + 35). Эта система была изучена нами наиболее полно в связи с тем, что ее невидимый компонент — наиболее вероятный кандидат в черные дыры. Определен спектральный класс сверхгиганта — оптического компонента системы $\overline{Sp} = 09,54 \pm 0,05$ ($T_e = 29500$ K), абсолютная звездная величина $\overline{M}_V(Sp) = -6^m,33 \pm 0^m,03$ и расстояние до системы $v = 2,30 \pm 0,12$ кпс $^{1/2}$. Установлено, что спектр сверхгиганта заметным образом изменяется с орбитальным периодом $P_0 = 5^d,6$: изменяются интенсивности всех спектральных линий, Sp , T_e и M_V . Определен радиус сверхгиганта $\overline{R}_X = 22 \pm 0,5 R_\odot$ и ускорение силы тяжести $\lg g = 3,07 \pm \pm 0,07$, выявлены их периодические изменения со временем $^{1-3}$. Амплитуды

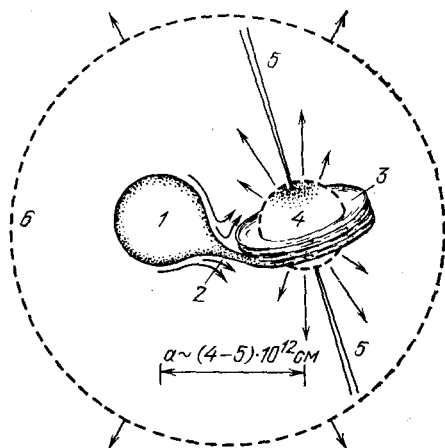


Рис. 1. Схематическая модель двойной системы SS 433.

1 — оптическая звезда; 2 — газовый поток от звезды к аккреционному диску; 3 — аккреционный диск; 4 — истекающая оболочка диска; 5 — релятивистские джеты; 6 — общая расширяющаяся оболочка системы

ΔB , ΔV удалось оценить этот угол прецессии ($\Delta i \geq 2 \times 8^\circ$)⁸. Анализ спектроскопических следствий прецессии сверхгиганта выявил согласованное изменение спектрального класса Sp (T_e) и наблюдаемой скорости вращения ($150 \geq V_e \sin i \geq 75$ км/с) с прецессионным периодом, равным $39^d,39 \pm 0^d,22$, и предсказанным углом Δi ⁸, а также периодические изменения интенсивностей линий N, C, O (неравномерность распределения C, N, O по широте звезды как следствие особенностей эволюции сверхгиганта в этой системе).

По моделям атмосфер, рассчитанным с предельно низкими (для данной T_e) значениями $\lg g$ для сверхгиганта Лебедя X-1 и звезды α Жирафа («убегающий» сверхгигант 09,51a с невидимым спутником малой массы), с использованием расчетного хода плотности n_e и наблюдаемого градиента скорости $\Delta v_r / \Delta t$ в атмосфере удалось по спектрам оценить темп потери массы \dot{M} . Для Лебедя X-1 $\dot{M} = 5 - 6 \cdot 10^{-6} M_\odot / \text{год}$ хорошо согласуется с данными внеатмосферных наблюдений. По $\lg g = 2,95$ для модели атмосферы, наилучшим образом описывающей спектр сверхгиганта Лебедь X-1, определена масса сверхгиганта ($M_* = 17 \pm 4 M_\odot$) и оценена масса его релятивистского компаньона ($9 \geq M_X \geq 5 M_\odot$).

2. SS433. Схематическая модель SS433 показана на рис. 1; это — спектрально-затменная двойная система, состоящая из массивной оптической звезды, релятивистского объекта, окруженного мощным аккреционным диском, перпендикулярно плоскости которого выбрасываются два газовых джета со скоростью 0,27 с, газового потока от звезды к диску и общей расширяющейся

всех этих изменений в общем согласуются с фотометрической переменностью⁴, обусловленной вращением эллипсоидального сверхгиганта⁵.

Установлено, что интенсивности линий элементов N, C, O у сверхгиганта определено усилены по сравнению с одиночными сверхгигантами^{1/2}. Кинематический разрез атмосферы сверхгиганта Лебедь X-1 (зависимость скорости расширения v_r от оптической глубины τ) показал⁶, что атмосфера расширяется ускоренно наружу, при этом $\Delta v_r / \Delta \tau$ изменяется с орбитальным периодом.

Долгопериодические изменения блеска в системе U, B, V, поляризации излучения и рентгеновского потока Лебедя X-1⁷ привели к предположению о прецессии оси вращения оптического компонента с возможными периодами ~ 39 или 78 дней. По наблюдаемым амплитудам ΔU ,

оболочки. Спектральная и затменная двойственность SS433 установлены в 1979 г.^{10,11} с орбитальным периодом $P_0 = 13^d.08$. Аккреционный диск прецессирует с периодом $P_{\pi} = 164^d$, в качаниях диска обнаруживается также нутация с $P_{\pi} \approx 6^d.3$. Объект излучает энергию от радио- до гамма-диапазона.

SS433 изучался нами на БТА с 1980 г. с помощью телевизионного цифрового 1000-канального сканера, созданного в САО в 1978—1979 гг. Рабочий диапазон длин волн $\lambda 3700-8500 \text{ \AA}$, спектральное разрешение $2-4 \text{ \AA}$. В 1980 г. для SS433 получено 80 сканов, в 1981 г.—270, в 1982 г.—около 170 и в 1984 г.—60, т. е. всего около 600 сканов. Весь процесс цифровой обработки сканов был полностью автоматизирован¹².

Детально изучено поведение прецессионного и нутационного периодов SS433, показано, что в обоих периодах проявляются время от времени фазовые сдвиги (сбои), обусловленные резко переменным темпом сброса массы звездой. Например, мощная двойная вспышка в июле 1980 г. на время порядка двух недель полностью нарушила регулярность в изменениях z^+ и z^- с периодами P_{π} и P_{π} ; в июне 1981 г. сбой фазы в P_{π} достигал — $16^d.3$. Однако вековые изменения P_{π} и P_{π} отсутствуют: за 1980—1982 гг. $P_{\pi} = 163^d.34 \pm 0^d.05$ и $P_{\pi} = 6^d.284 \pm 0^d.001$ ¹³⁻¹⁵.

В июле 1980 г. в системе произошла мощная оптическая вспышка (излучение увеличилось более чем в 2 раза), что существенно повлияло на физические и динамические условия в системе; характер всего спектра SS433 радикально изменился. Почти синхронно с ростом блеска системы (с задержкой на $1^d - 2^d$) произошло поразительное увеличение интенсивностей всех эмиссионных линий: усилились все «релятивистские» линии H и HeI (перед началом вспышки они едва просматривались в спектре), при этом усиление линий ветви z^+ в несколько раз превосходило усиление линий ветви z^- ; колоссально возросли w_{λ} «стационарных» линий H^0 и HeI^0 , возникающих в газовом потоке от звезды к диску, с задержкой на $2^d - 4^d$ усилились все абсорбционные (shell) линии. Первопричиной всех этих событий предполагается взрыв в центральной части аккреционного диска, непосредственно вблизи релятивистского компаньона¹⁶.

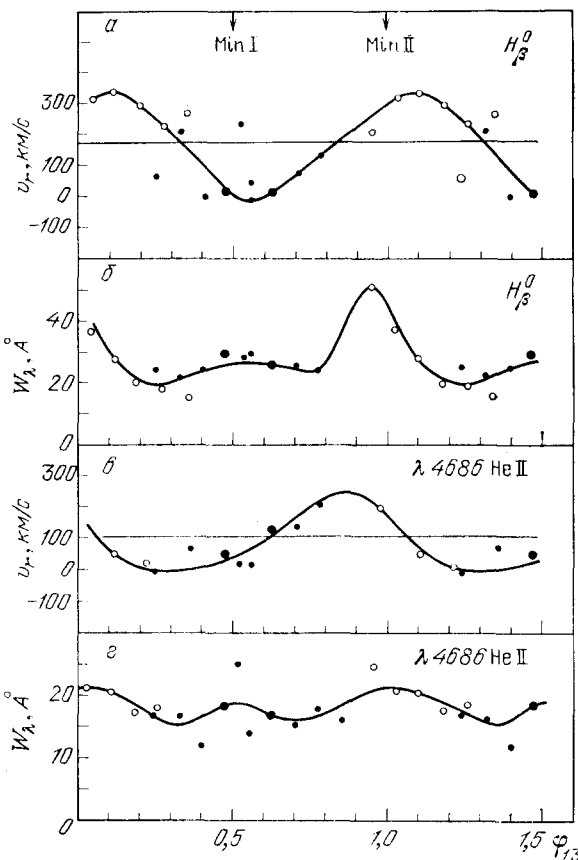


Рис. 2. Изменения с фазой орбитального периода лучевых скоростей (а) и эквивалентных ширин эмиссионной «стационарной» линии H_{β}^0 , возникающей в газовом потоке (б); в, г — то же для линии He II $\lambda 4686$, возникающей в оболочке диска.

Вверху стрелками обозначены фазы вторичного (Min II) и главного (Min I) затмений

произошло поразительное увеличение интенсивностей всех эмиссионных линий: усилились все «релятивистские» линии H и HeI (перед началом вспышки они едва просматривались в спектре), при этом усиление линий ветви z^+ в несколько раз превосходило усиление линий ветви z^- ; колоссально возросли w_{λ} «стационарных» линий H^0 и HeI^0 , возникающих в газовом потоке от звезды к диску, с задержкой на $2^d - 4^d$ усилились все абсорбционные (shell) линии. Первопричиной всех этих событий предполагается взрыв в центральной части аккреционного диска, непосредственно вблизи релятивистского компаньона¹⁶.

Наиболее короткая шкала быстрой переменности w_λ и профилей линий «релятивистских» эмиссий и непрерывного спектра SS433 составляет в среднем 20^m (отмечены значимые изменения на временах до $4^m - 5^m$), при этом изменения в линиях не синхронизованы с изменением уровня континуума (июль — август 1981 г.)¹⁷. Впервые выявлены исследованы значительные изменения w_λ и профилей линий H_α^+ и H_α^- с периодом нутации ($6^d, 3$), дана их интерпретация, сделаны более точные оценки основных физических и геометрических параметров релятивистских джетов. Изучена зависимость w_λ линий H^- и H^+ от периода прецессии. Обнаруженное различие \bar{w}_λ линий H_α^- и H_α^+ вблизи момента T_3 (в среднем в $3,0 \pm 0,2$ раза) полностью объясняется релятивистским эффектом¹⁸.

Из моделирования профилей релятивистских линий H_α определены угол нутации $\theta_n = 3^\circ, 5$, полуширина джета $\Delta\alpha_j \approx 0^\circ, 5 \div 1^\circ$, интервал вылета облаков в джеты $\Delta t \approx 100^s$, средний размер облака $l \approx 2 \cdot 10^{12}$ см, длина джета $R_j \approx 3 \cdot 10^{15}$ см, единовременное количество облаков в джете $N \approx 3000$, плотность облаков $n_e \approx 3 \cdot 10^9$ см⁻³, скважность газа в джетах $q \approx 0,02$, \dot{M} в джетах $\sim 10^{-6} M_\odot/\text{год}$. Из изучения изменений V_r и W_λ эмиссионных линий HeII, CIII + NIII, HeI⁰, HI⁰ и shell-линий с P_0 следует: линии HeII и CIII + NIII возникают в расширяющейся оболочке аккреционного диска, линии HI⁰ и HeI⁰ — в разных частях газовой струи от звезды к диску, shell-линии — на внешних границах расширяющейся струи, в MinI затмение диска звездой неполное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ааб О. Э., Бычкова Л. В., Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н., Ченцов Е. Л. // Письма Астрон. ж. 1981. Т. 7. С. 417.
2. Ааб О. Э., Бычкова Л. В., Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н. // Астрон. ж. 1984. Т. 61. С. 152.
3. Ааб О. Э., Бычкова Л. В., Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н. // Ibidem. 1983. Т. 60. С. 1041.
4. Бруевич В. В., Киячков Н. Н., Сюняев Р. А., Шевченко В. С. // Письма Астрон. ж. 1978. Т. 4. С. 544.
5. Avni Y., Bahcall J. // Astrophys. J. 1975. V. 197. P. 675.
6. Ааб О. Э., Копылов И. М., Соколов В. В. // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1984. Т. 18. С. 3.
7. Kemp J. C., Hegman L. C., Barbour M. C. // Astron. J. 1978. V. 83. P. 962.
8. Соколов В. В., Цымбал В. В. // Письма Астрон. ж. 1984. Т. 10. С. 410.
9. Копылов И. М., Соколов В. В. // Ibidem. С. 756.
10. Crampton D., Cowley A. P., Hutchings J. B. // Astrophys. J. Lett. 1980. V. 235. P. 131.
11. Гладышев С. А., Курочкин Н. Е., Новиков И. Д., Черепашук А. М. // Астрон. цирку. 1979. № 1086.
12. Копылов И. М., Сомов Н. Н., Сомова Т. А. // Новая техника в астрономии. — Л.: Наука, 1984. — С. 5.
13. Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н., Небелицкий В. Б., Сомова Т. А., Спиридонова О. И. // Письма Астрон. ж. 1982. Т. 8. С. 461.
14. Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н., Сомова Т. А. // Ibidem. С. 467.
15. Сомова Т. А. // Ibidem. 1986. Т. 12. С. 205; Препринт САО АН СССР № 25Л. — Зеленчук, 1985.
16. Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н., Сомова Т. А. // Астрон. ж. 1985. Т. 62. С. 323.
17. Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н., Сомов Н. Н., Сомова Т. А., Фабрика С. Н. // Ibidem. 1986. Т. 63; Препринт САО АН СССР № 15Л. — Зеленчук, 1984.
18. Копылов И. М., Кумайгородская Р. Н., Сомов Н. Н., Сомова Т. А., Фабрика С. Н. // Астрон. ж. 1986. Т. 63; Препринт САО АН СССР № 24Л. — Зеленчук, 1985.