



Кольца звездообразования в S0-галактиках

Прошина И.С., Князев А.Ю., Сильченко О.К.
ГАИШ МГУ

Современная звёздная астрономия -2019
САО РАН, Нижний Архыз
09 октября 2019 г.

Наблюдательные данные

- Галактики наблюдались на спектрографе с длинной щелью RSS 11-метрового телескопа Южно-Африканской обсерватории, SALT в период с 2011 по 2013 гг.

Щель 1,25", голографическая решётка 900 штрихов/мм, спектральное разрешение 5,5 Å, спектральный диапазон от 3750 Å до 6850 Å.

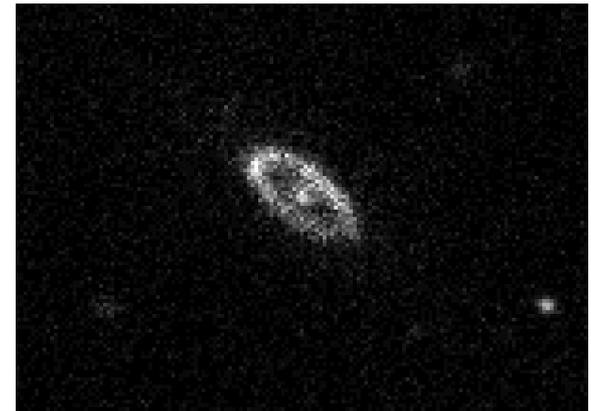
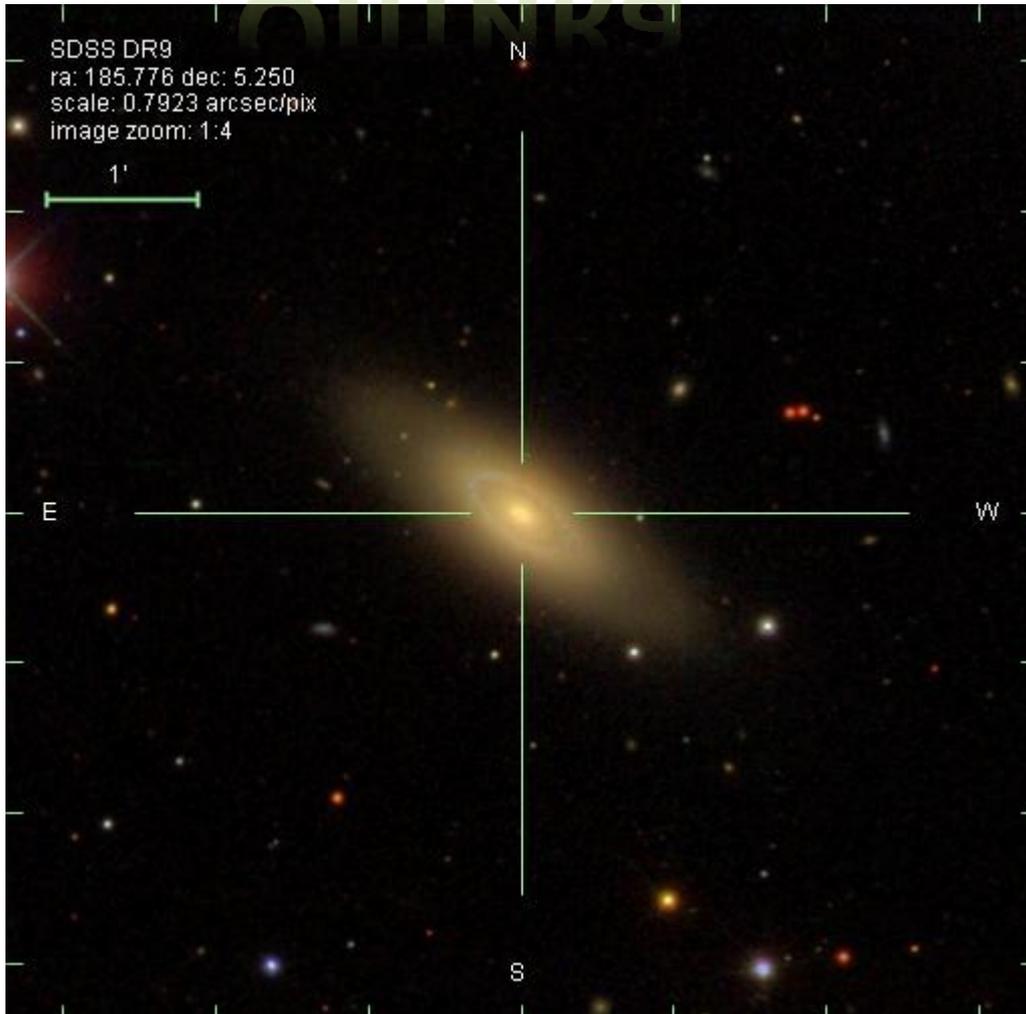
- Оптические изображения SDSS и LCOGT (специально отснятое для галактики NGC2697) использованы для построения профилей поверхностной яркости.
- Из архива MAST для исследуемых галактик взяты доступные изображения GALEX в FUV (1539 Å) и NUV (2316 Å) диапазонах.
- Используются изображения WISE в полосе W4 (22 мкм) для учёта поглощения пыли в исследуемых галактиках.

Галактика	Тип (HyperLeda)	Наличие кольца (HyperLeda)	Наклон i (NED)	M_B , mag (HyperLeda)	v_{sys} , км/с (NED)	z	Шка- ла, кпк/''	Окружение (HyperLeda, NED)
NGC 4324	S0-a	Ring	64,6°	-19,75	1665	0,0056	0,105	Галактика из группы NGC4303 (23 объекта)
NGC 2697	S0-a	-	52,3°	-18,67	1824	0,0061	0,110	Галактика из группы NGC2698 (8 объектов)
NGC 7808	S0	-	8,2°	-21,39	8787	0,0293	0,588	Галактика из группы MR18_02412 (5 объектов)
PGC 48114	S0	Ring	16,6°	-19,73	6984	0,0233	0,462	В паре с галактикой на 1,5 зв.величины слабее в 160 кпк от неё
NGC 809	S0	-	36,2°	-20,03	5367	0,0179	0,357	Изолированная галактика (ближайшая галактика на расстоянии 670 кпк)

NGC 4324

Оптика

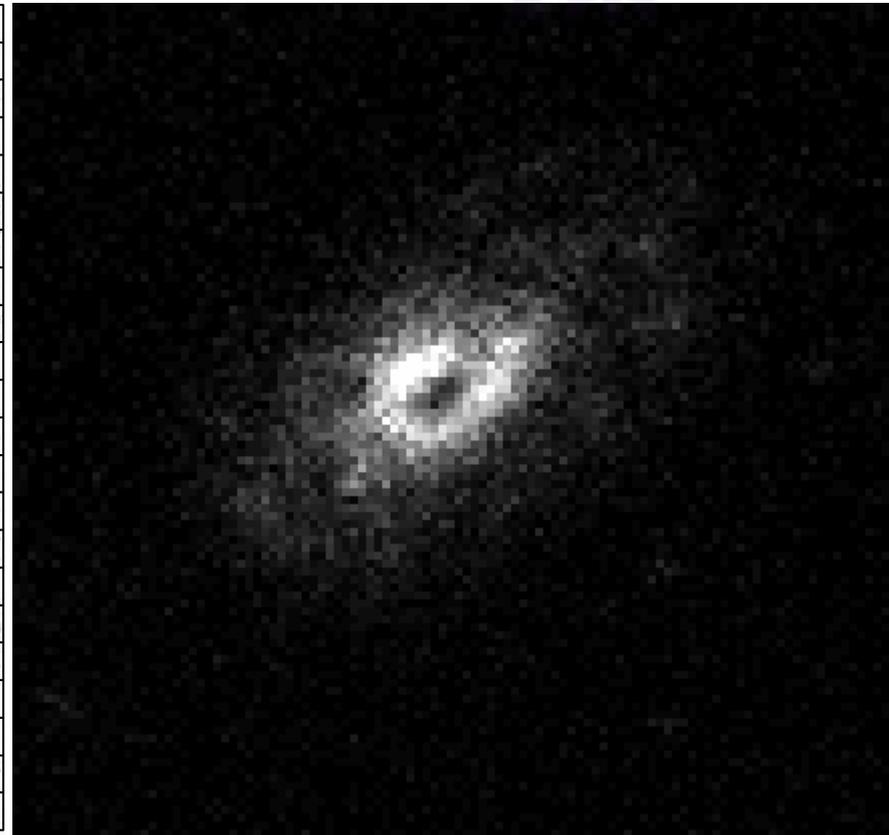
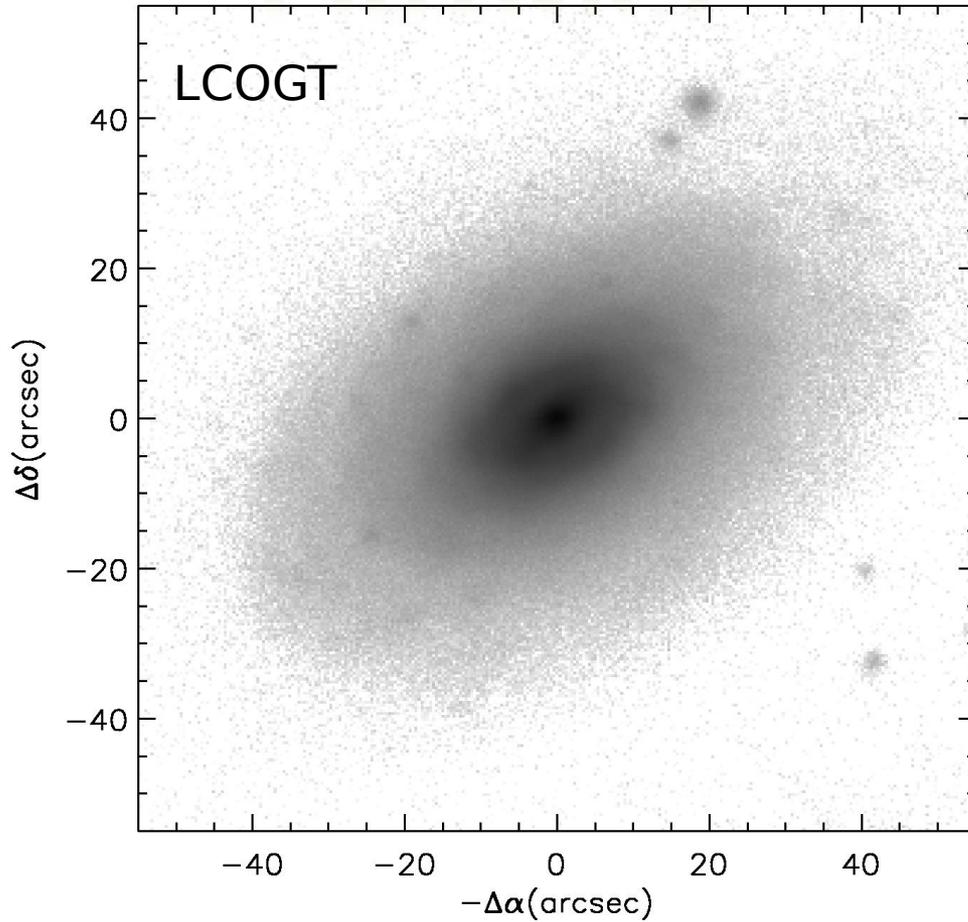
УФ



NGC 2697

Оптика

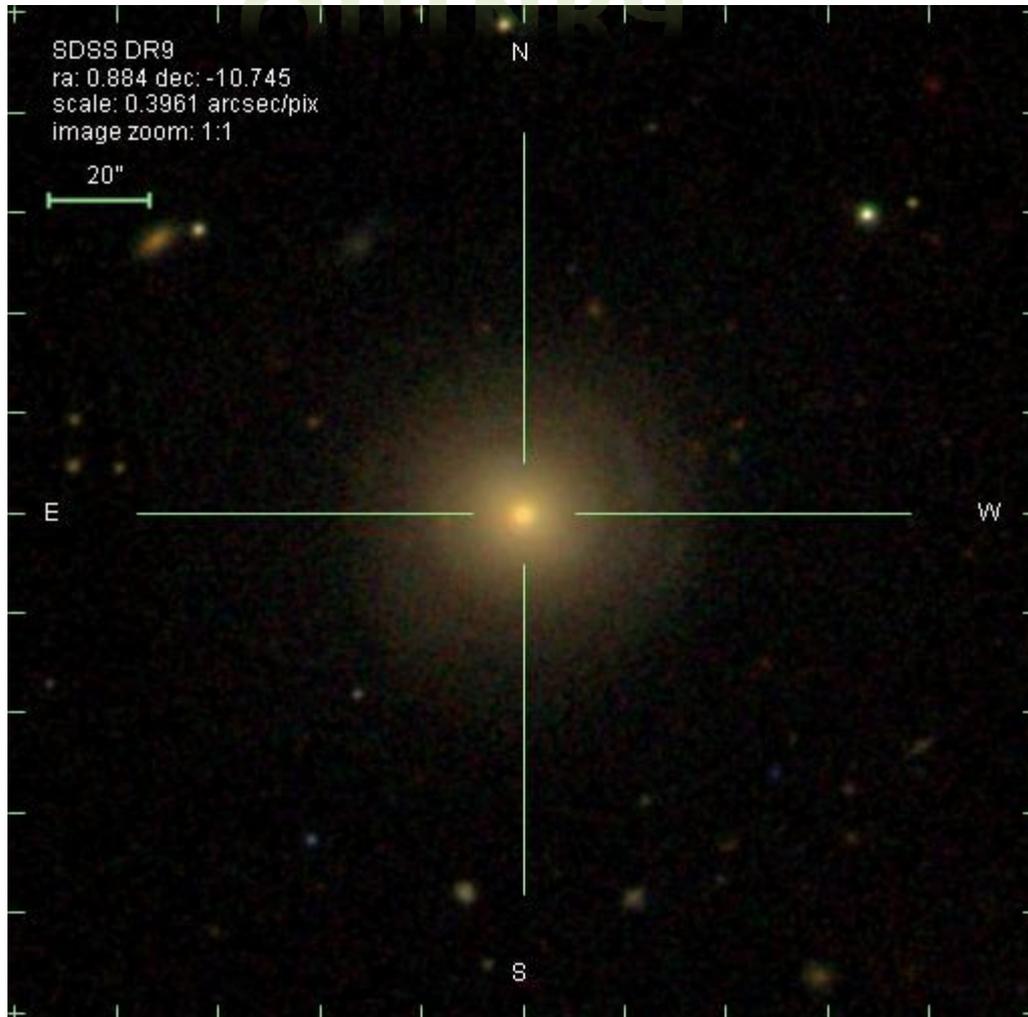
УФ



NGC 7808

Оптика

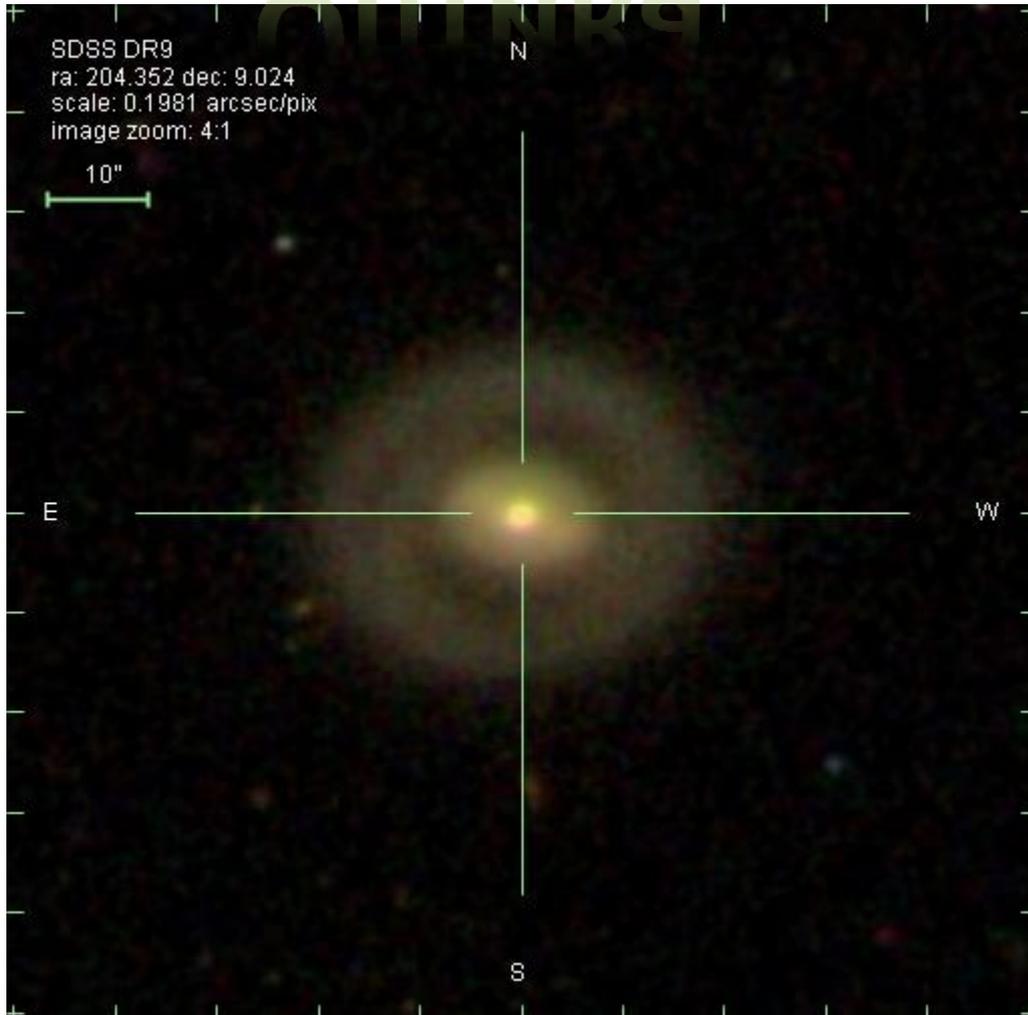
УФ



PGC 48114

Оптика

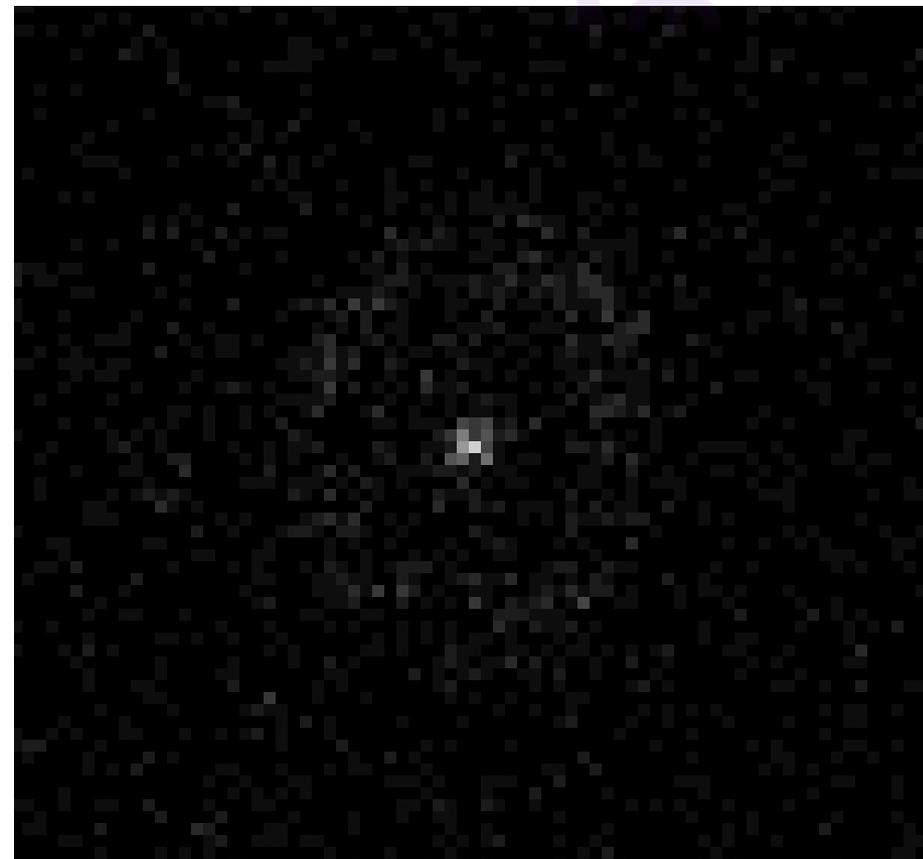
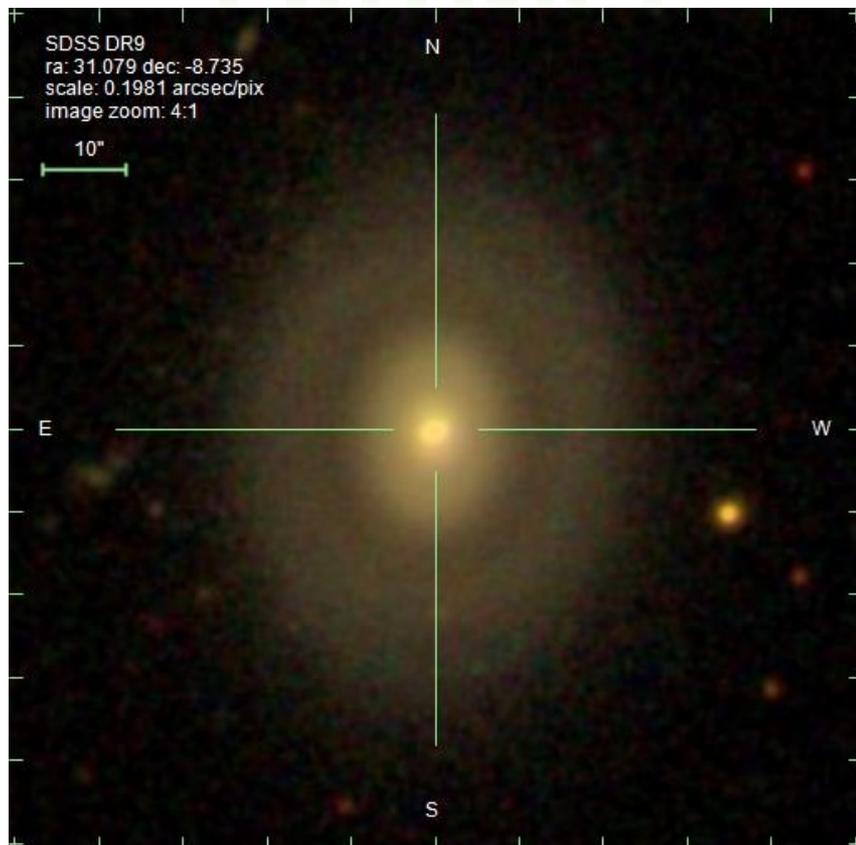
УФ



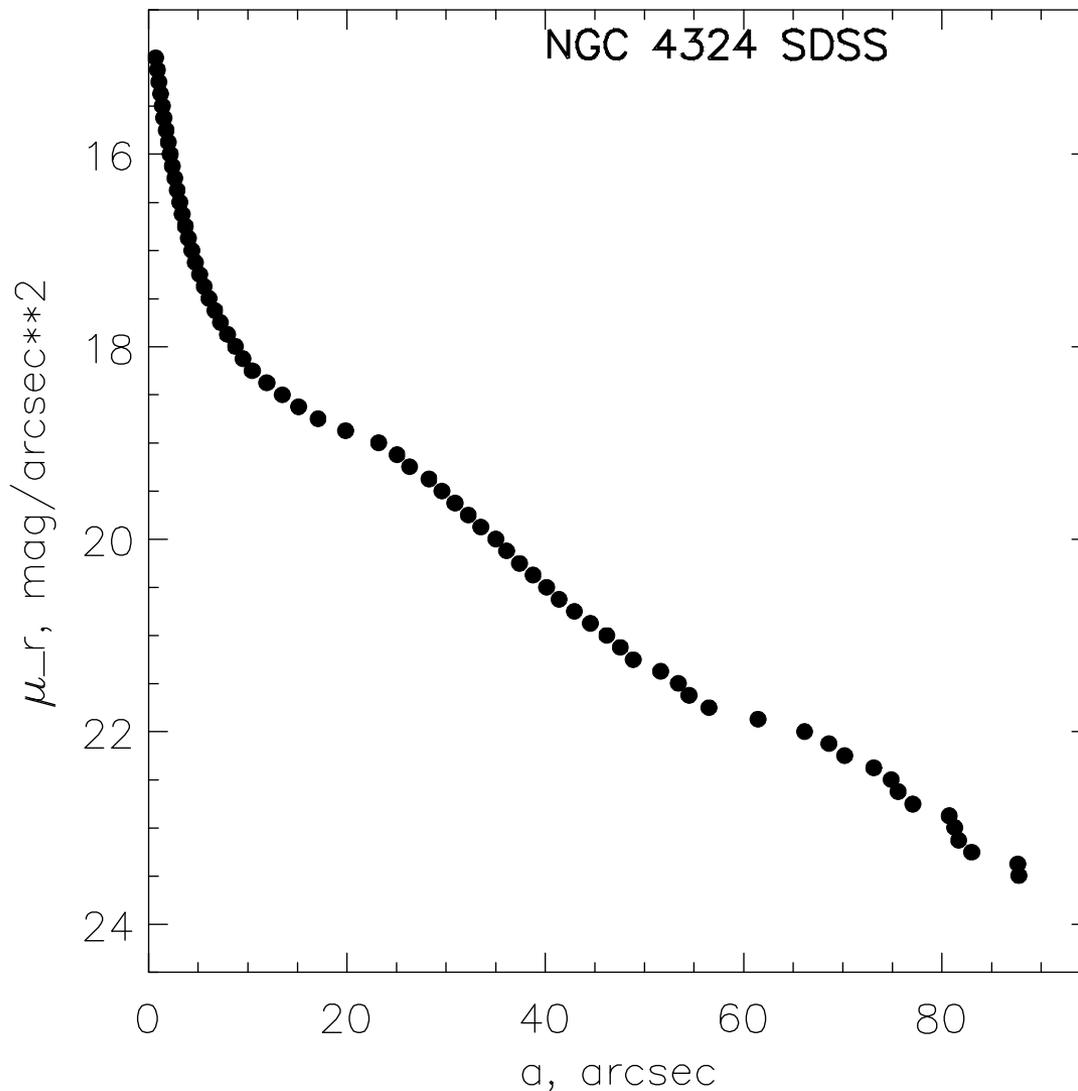
NGC 809

Оптика

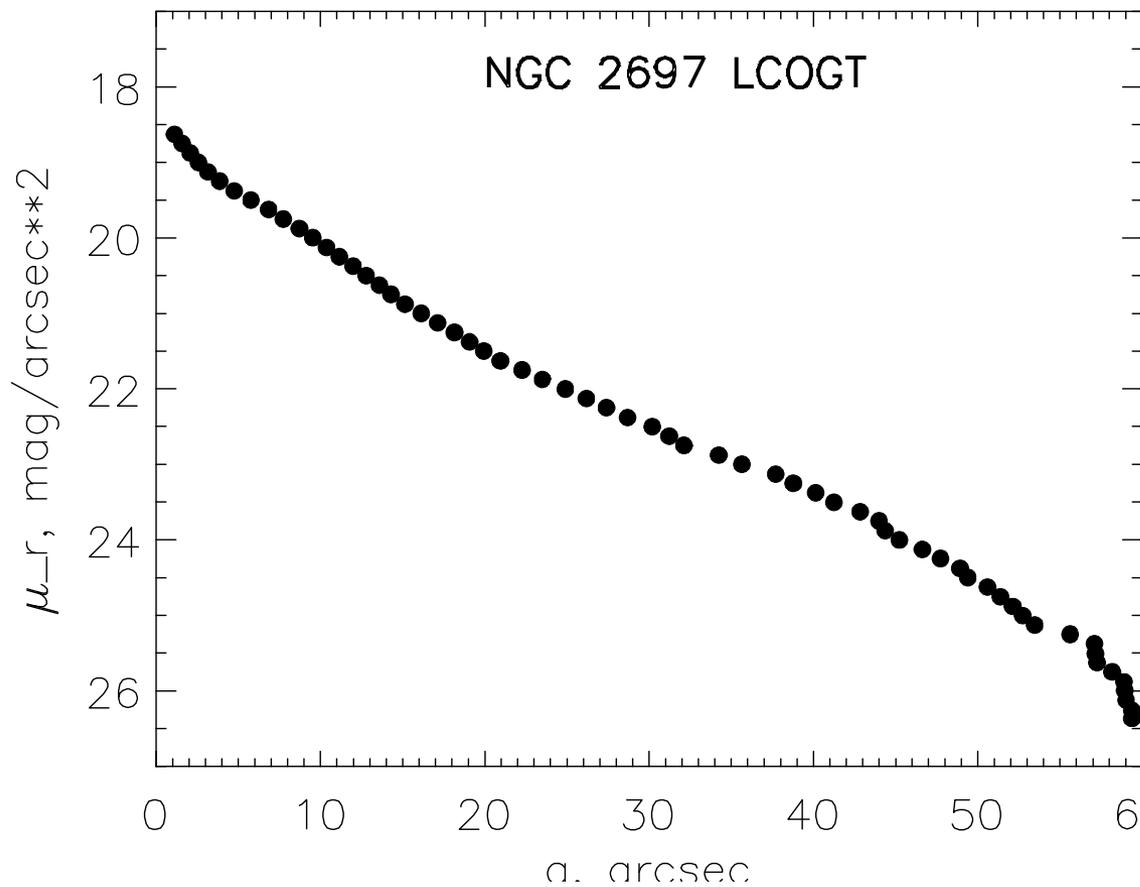
УФ



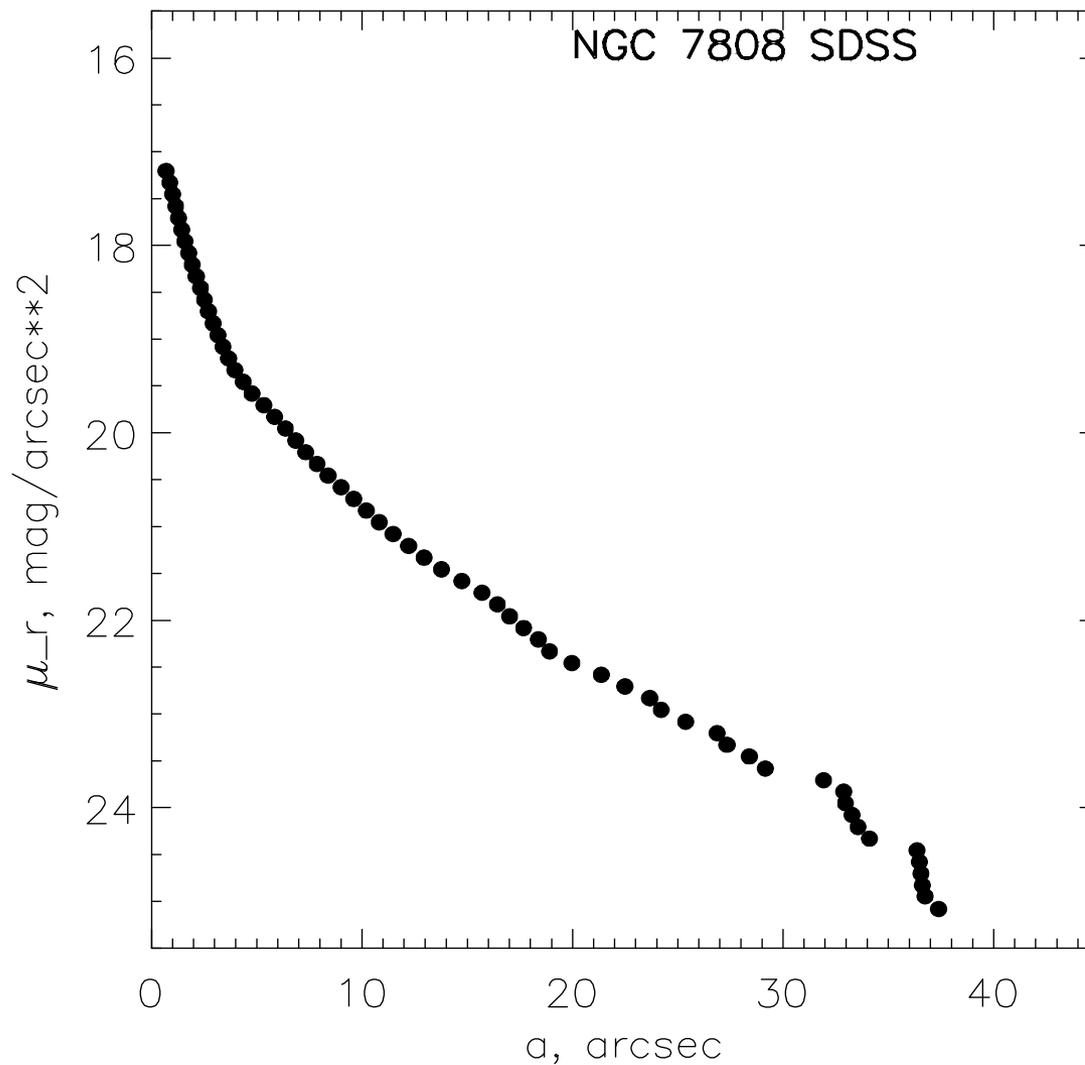
Профили поверхностной яркости галактик



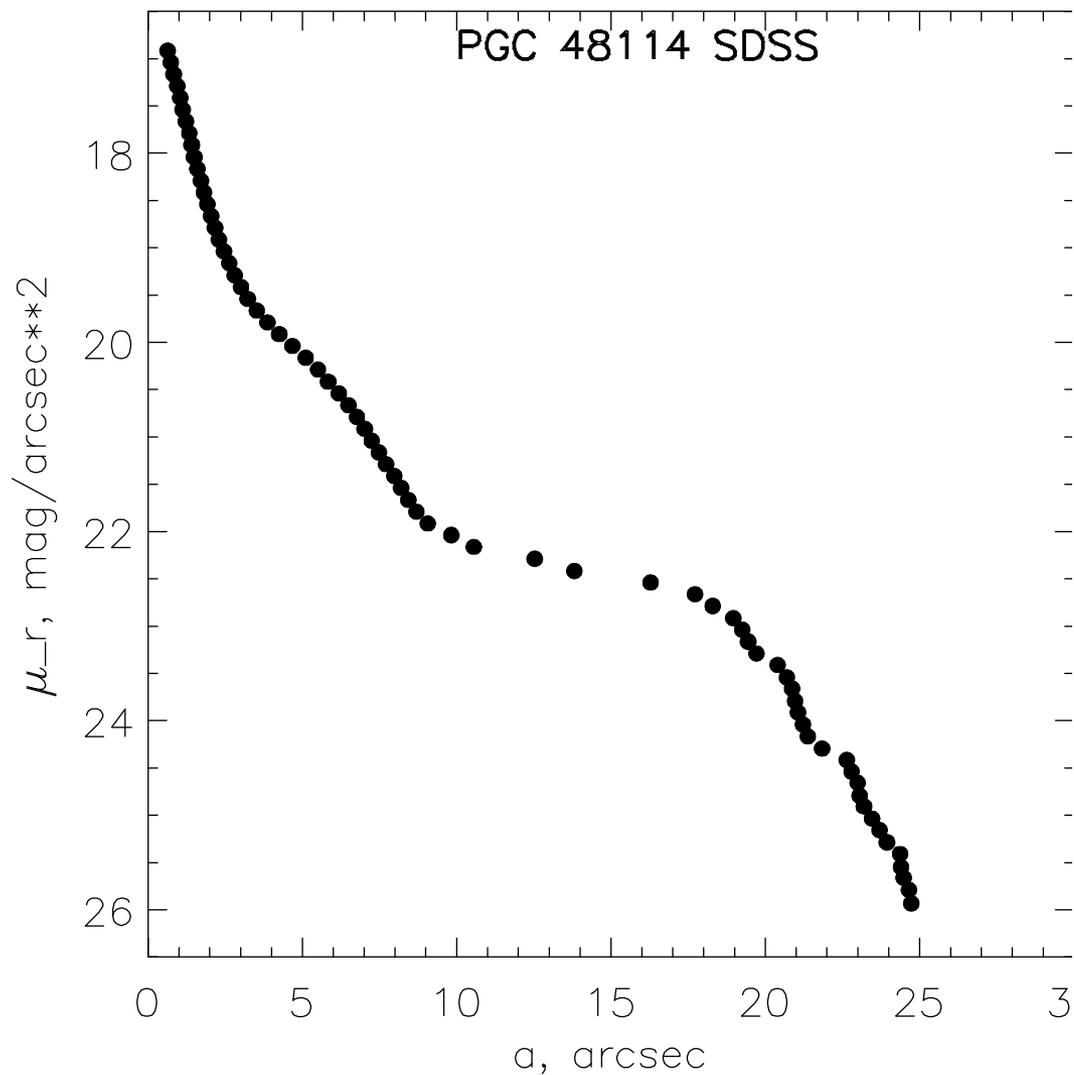
Профили поверхностной яркости галактик



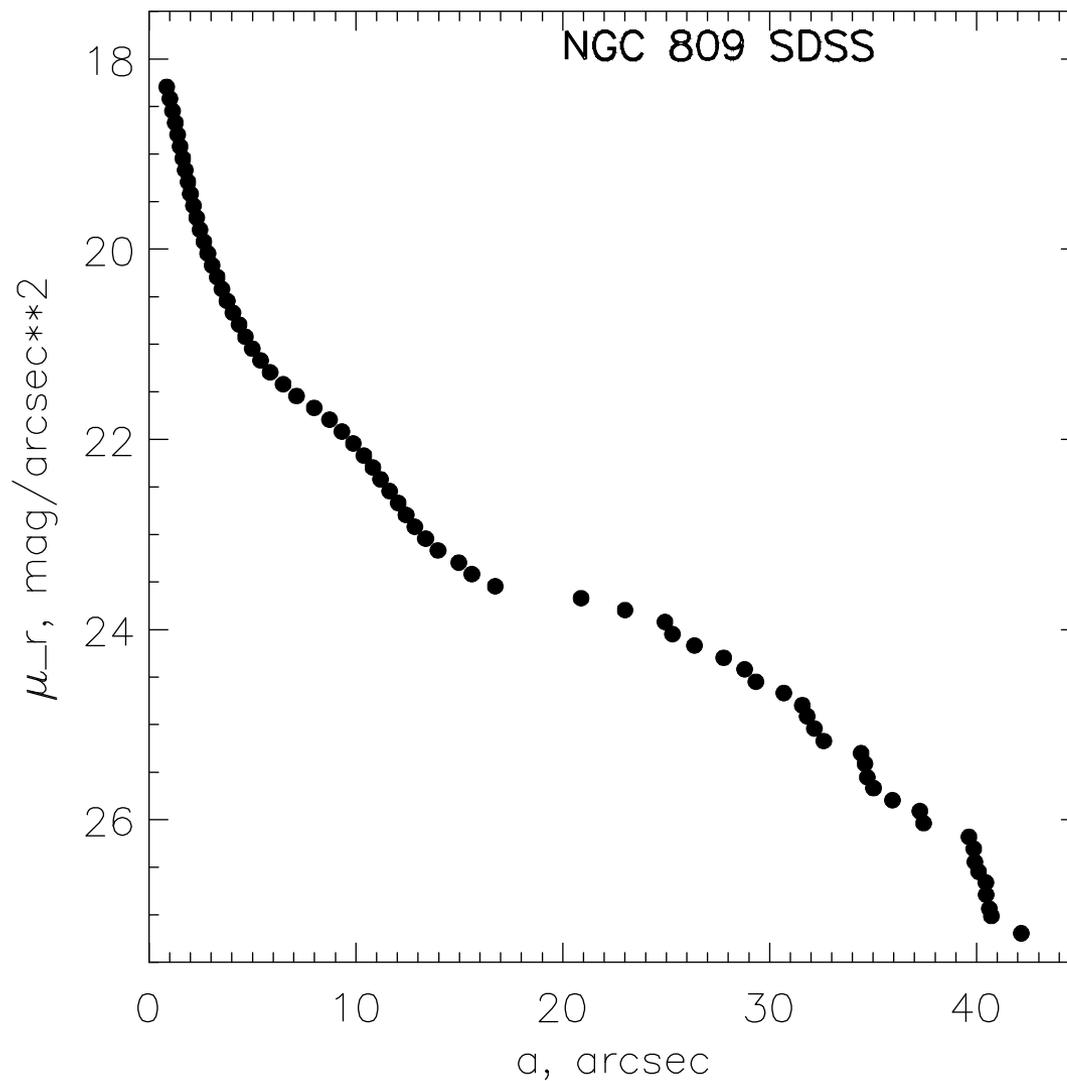
Профили поверхностной яркости галактик



Профили поверхностной яркости галактик



Профили поверхностной яркости галактик



Результаты обработки фотометрических данных

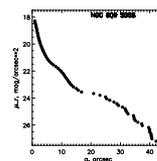
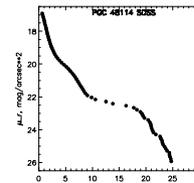
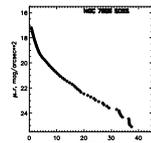
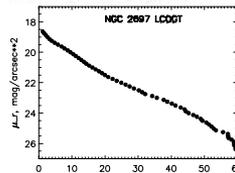
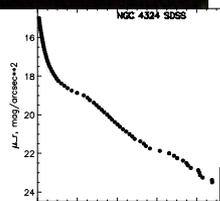
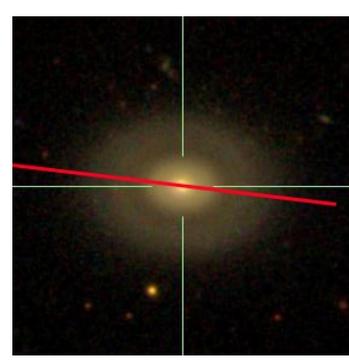
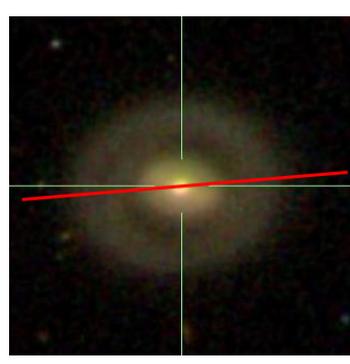
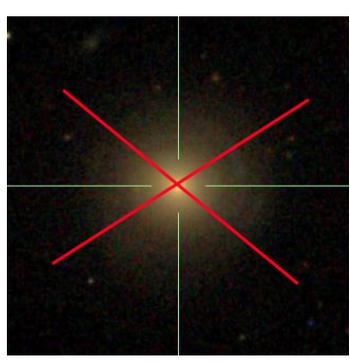
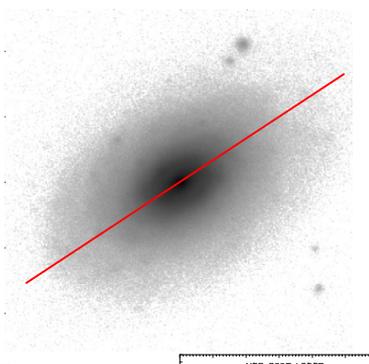
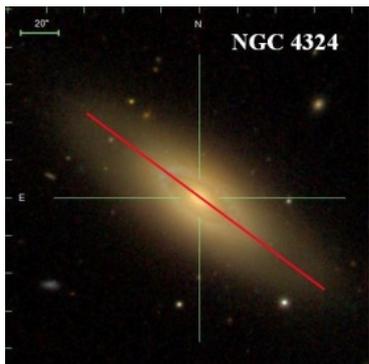
NGC 4324

NGC 2697

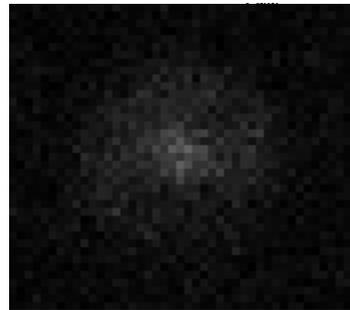
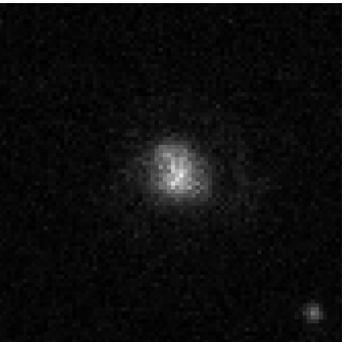
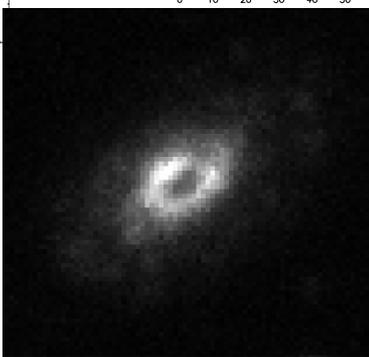
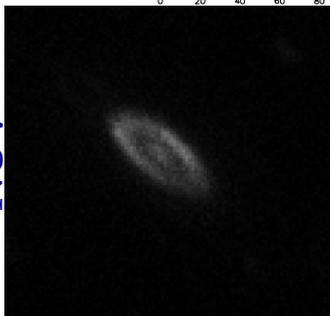
NGC 7808

PGC 48114

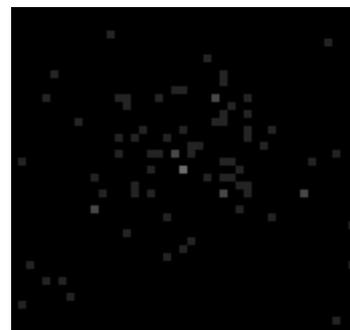
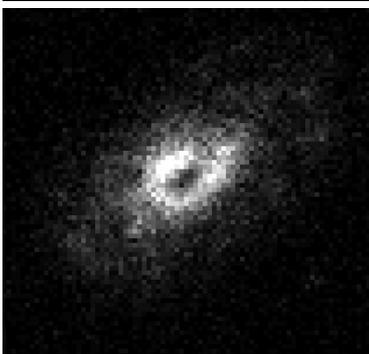
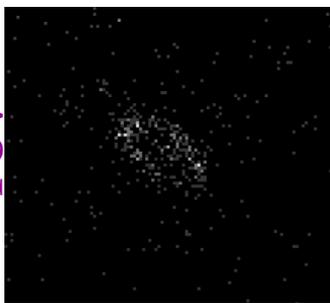
NGC 809



NUV



FUV



Результаты обработки фотометрических данных

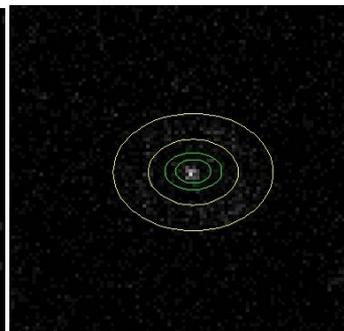
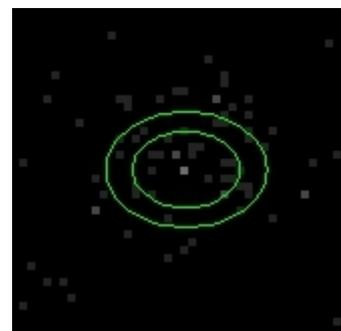
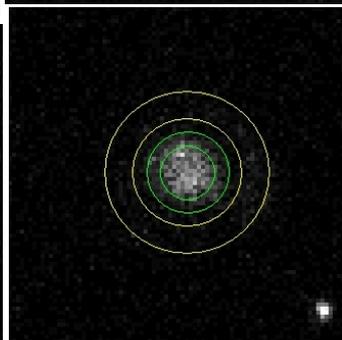
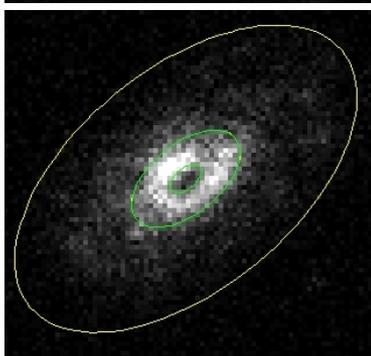
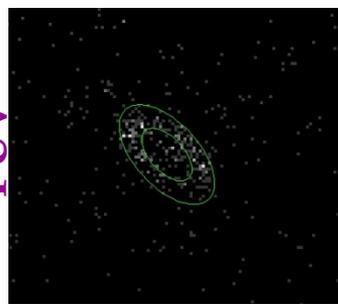
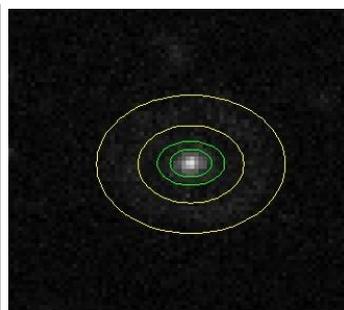
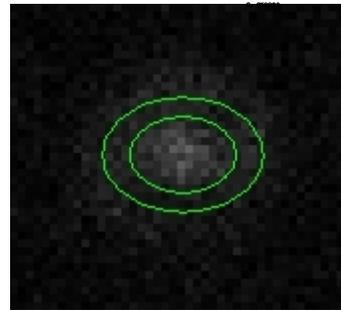
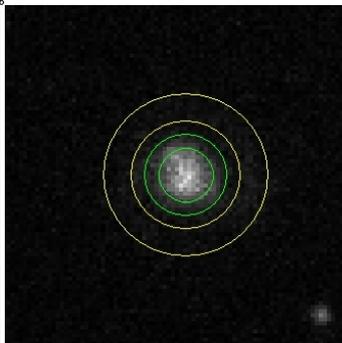
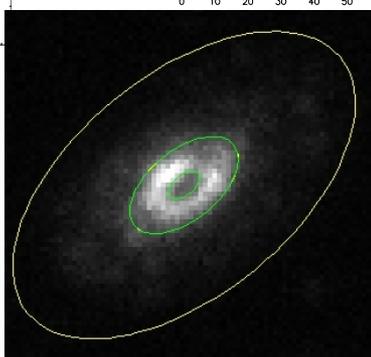
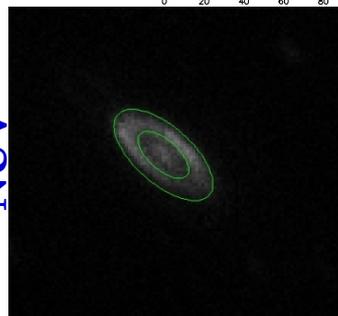
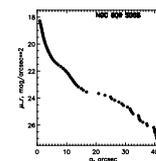
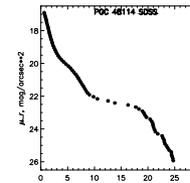
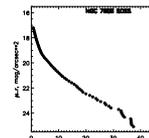
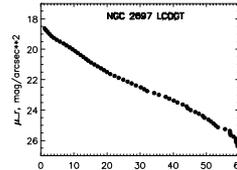
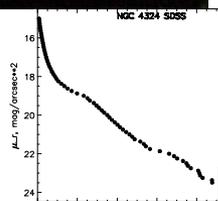
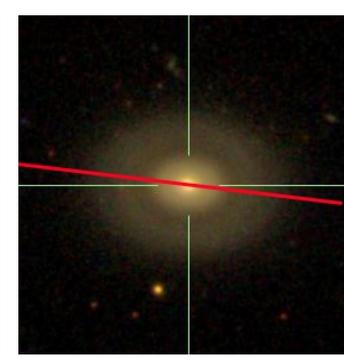
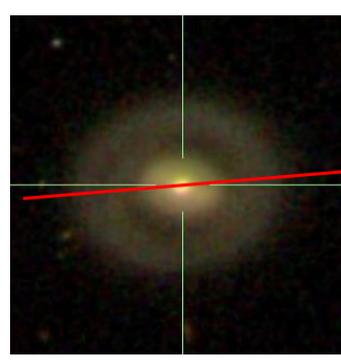
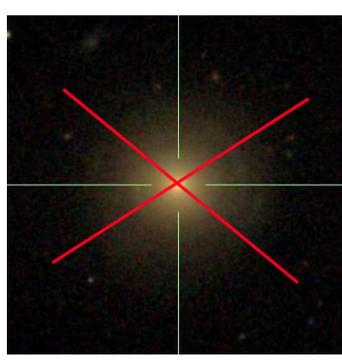
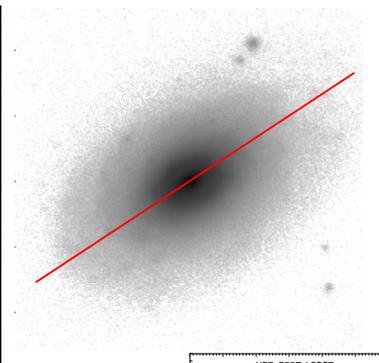
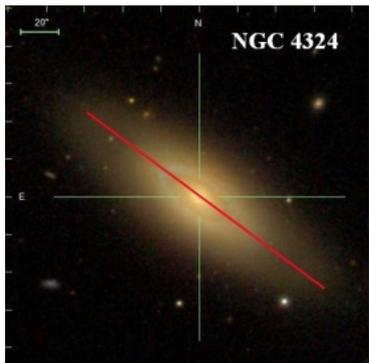
NGC 4324

NGC 2697

NGC 7808

PGC 48114

NGC 809



NUV

FUV

Сравнение темпов звездообразования в кольцеобразных областях в УФ-диапазоне

Галактика	Границы кольца в УФ-диапазоне		Темп звездообразования SFR_{FUV} , ($M_{\text{sun}}/\text{год} \cdot \text{кпк}^2$)	Темп звездообразования SFR_{NUV} , ($M_{\text{sun}}/\text{год} \cdot \text{кпк}^2$)
	r, arcsec	R, arcsec		
NGC 4324	15.4	30	$4.58 \cdot 10^{-3}$	$5.73 \cdot 10^{-3}$
NGC 2697	6	20.6	$7.47 \cdot 10^{-3}$	$9.38 \cdot 10^{-3}$
	20.6	65	$1.26 \cdot 10^{-3}$	$1.38 \cdot 10^{-3}$
	35	45	$1.44 \cdot 10^{-3}$	$1.58 \cdot 10^{-3}$
NGC 7808	10	15	$2.27 \cdot 10^{-3}$	$2.58 \cdot 10^{-3}$
	20	30	$0.66 \cdot 10^{-3}$	$0.73 \cdot 10^{-3}$
PGC 48114	10	15	$0.62 \cdot 10^{-3}$	$0.80 \cdot 10^{-3}$
NGC 809	7.5	12	$0.55 \cdot 10^{-3}$	$0.83 \cdot 10^{-3}$
	19	34	$0.29 \cdot 10^{-3}$	$0.36 \cdot 10^{-3}$

Примечание. Расчёт темпов звездообразования проводился по формулам из статьи R.C. Kennicutt, N. J. Evans. Annu. Rev. Astron. Astrophys. 2012. 50:531-608

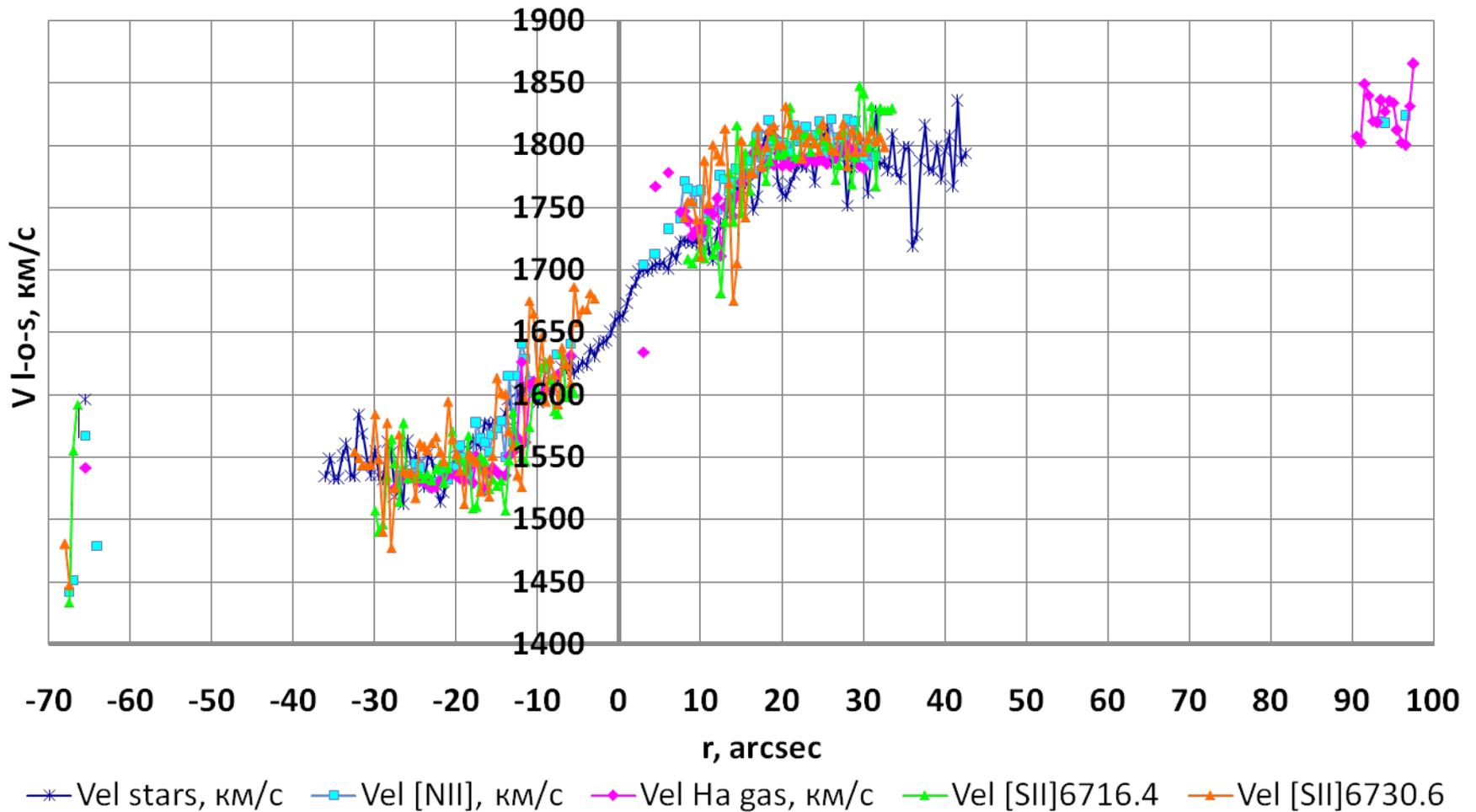
Скорости звёзд и газа в галактиках

Скорости звёздных компонент галактик определены с помощью кросс-корреляции спектра галактики со спектром звезды К-гиганта.

Скорости газовых компонент галактик измерены с помощью гауссанализа по эмиссионным линиям $H\alpha$, [NII], а в некоторых случаях и линий [SII], $H\beta$, [OIII].

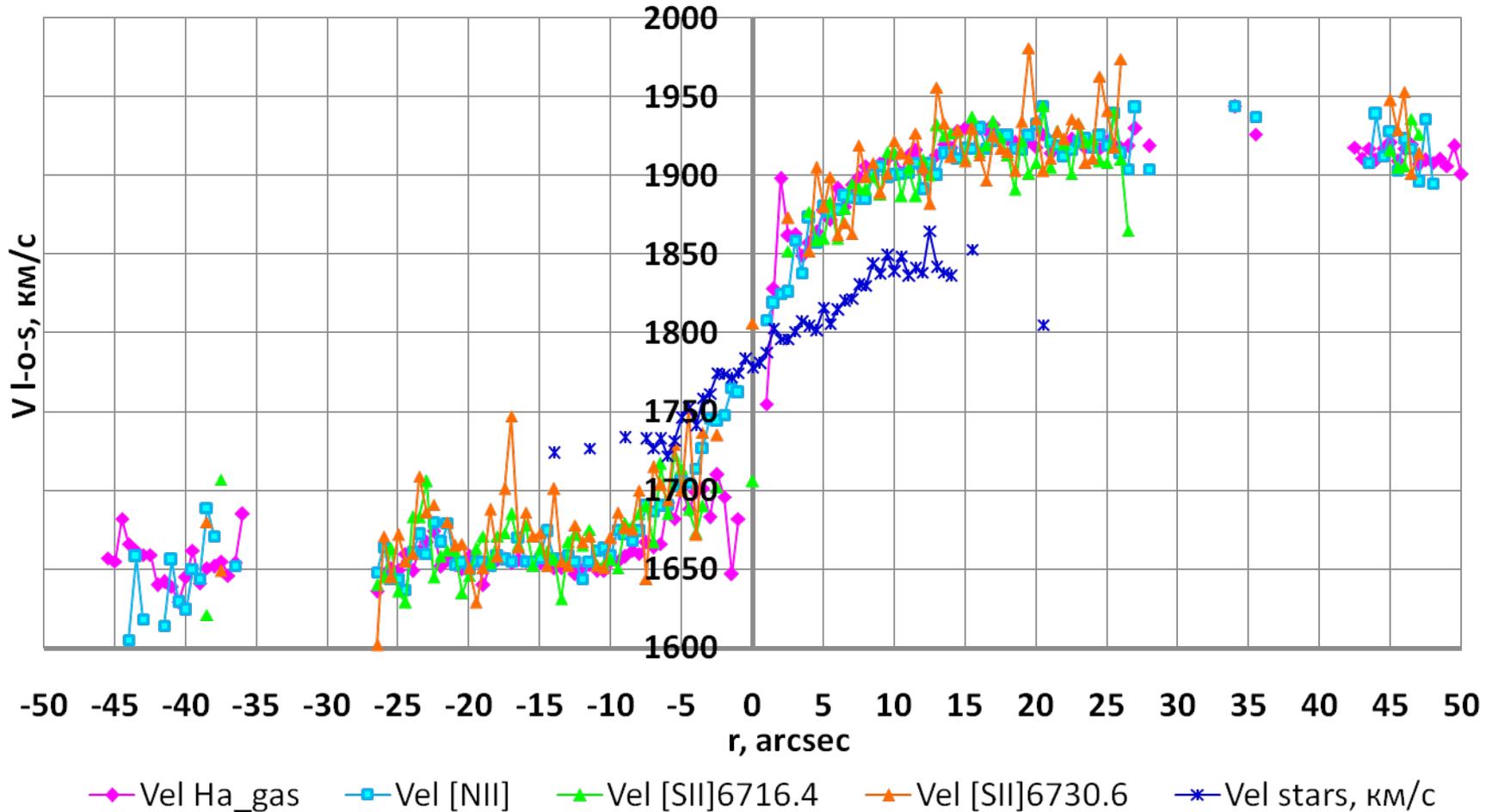
NGC 4324

Лучевые скорости звёзд и газа в NGC 4324



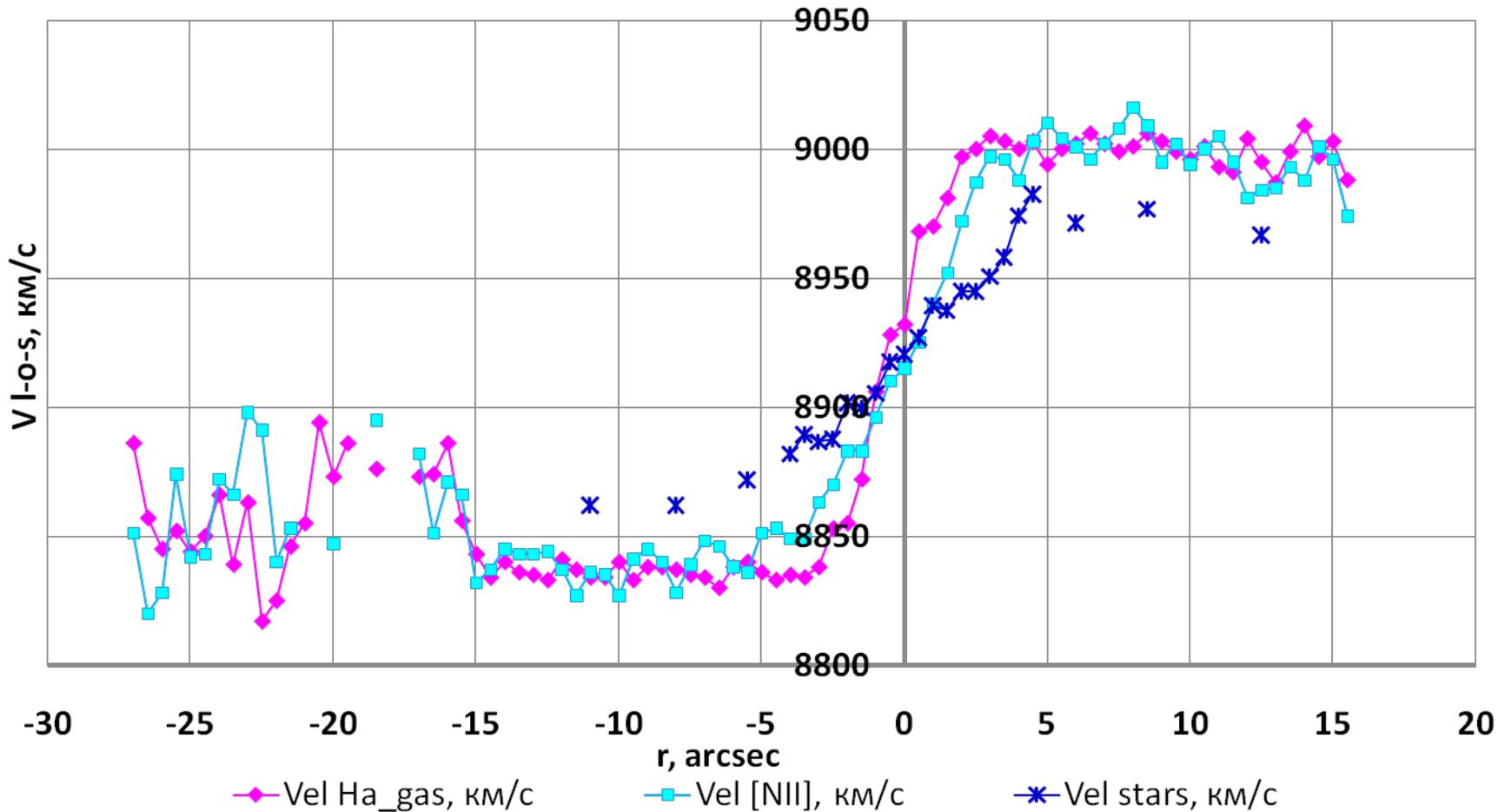
NGC 2697

Лучевые скорости звёзд и газа в галактике NGC 2697



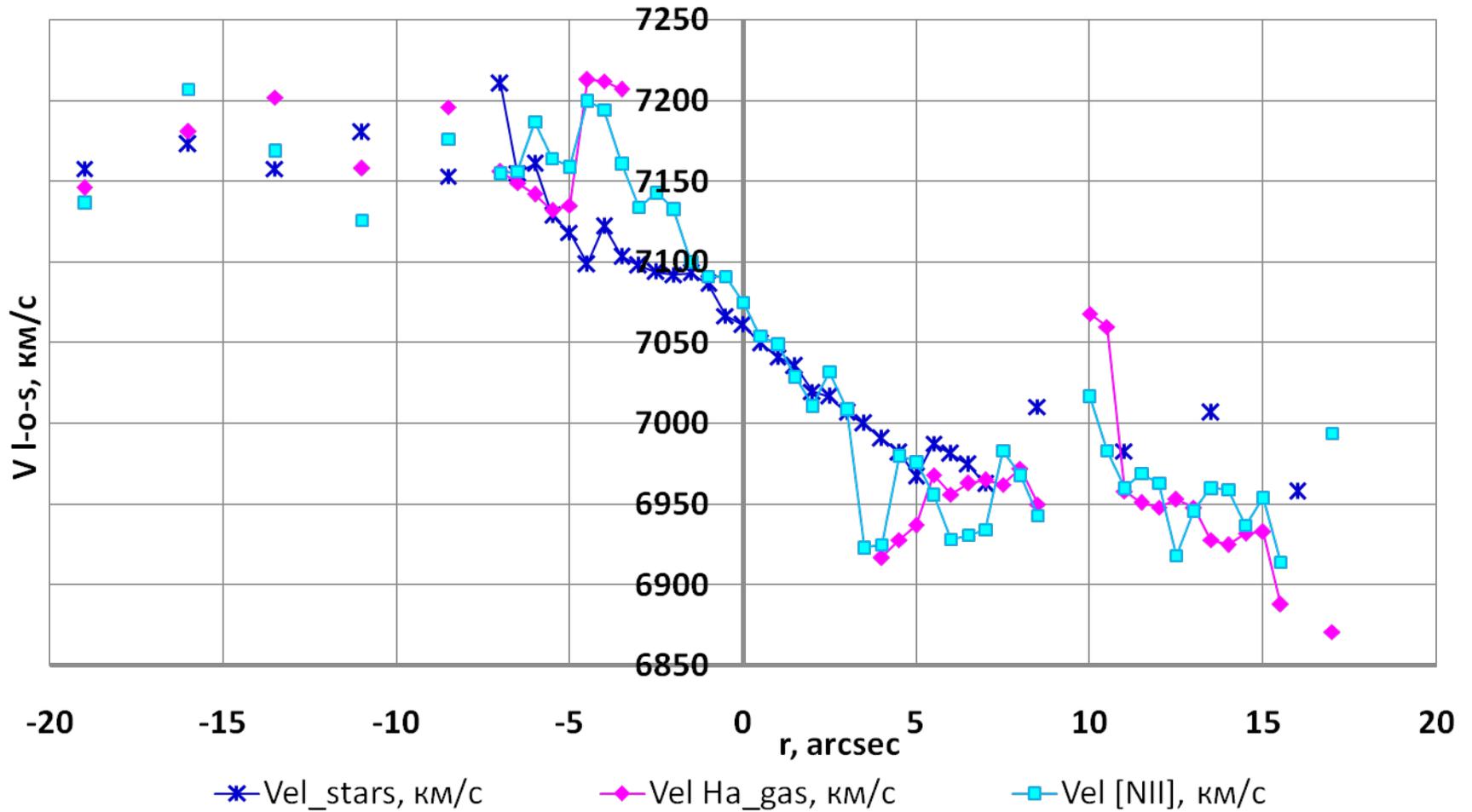
NGC 7808

Лучевые скорости звёзд и газа в галактике NGC 7808



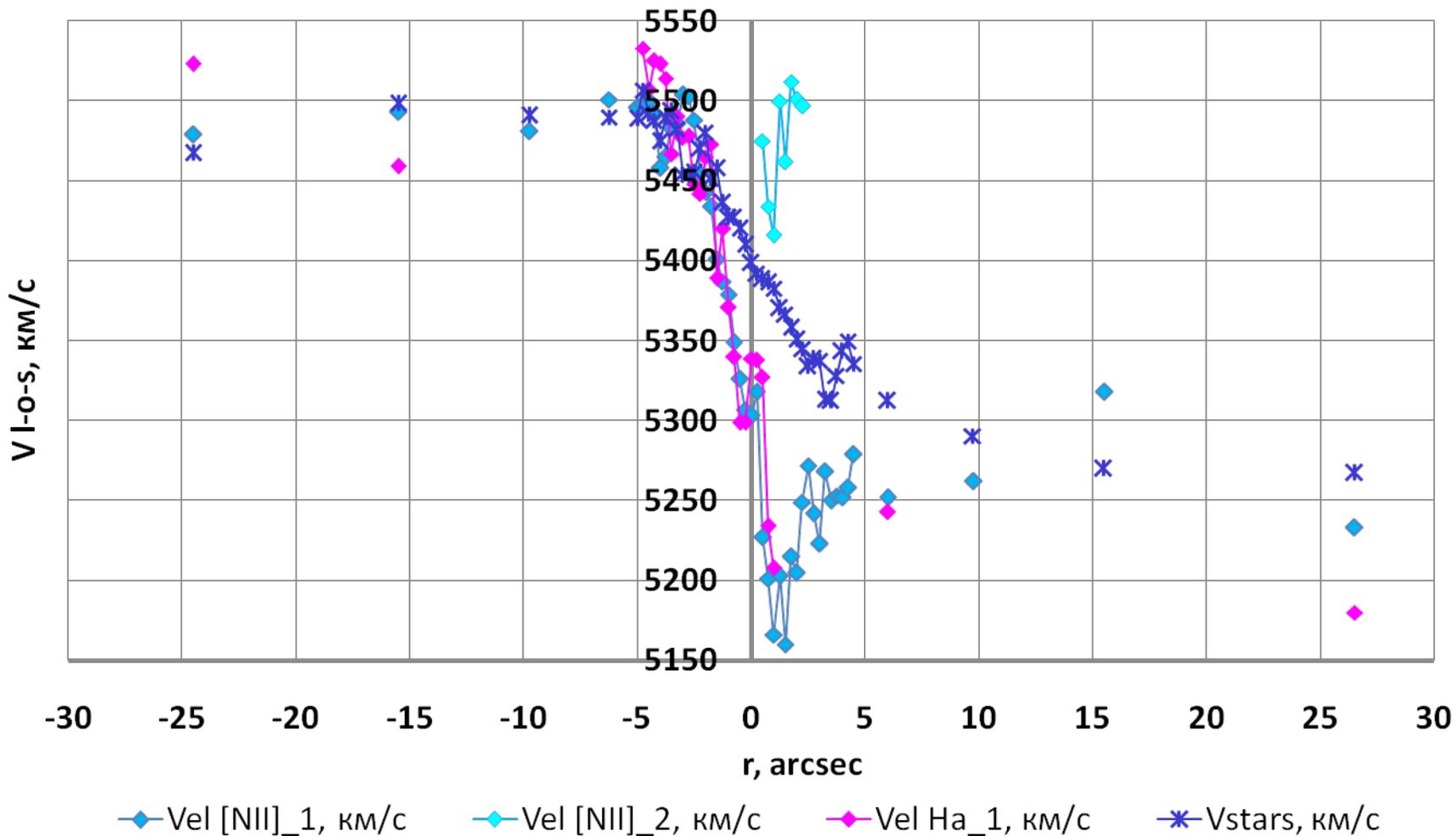
PGC 48114

Лучевые скорости звёзд и газа в галактике PGC 48114



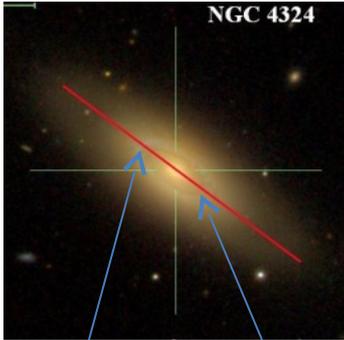
NGC 809

Лучевые скорости звёзд и газа в галактике NGC 0809

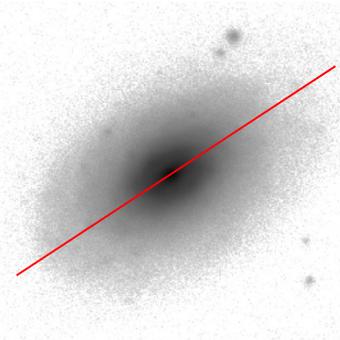


Результаты обработки спектральных данных

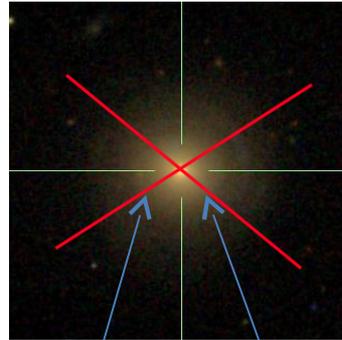
NGC 4324



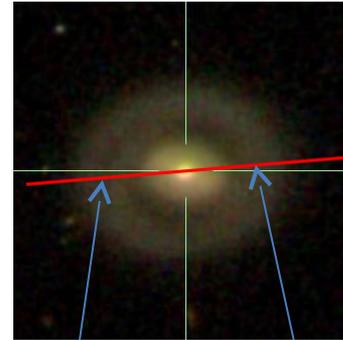
NGC 2697



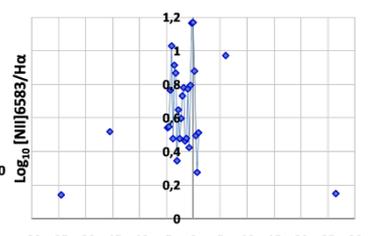
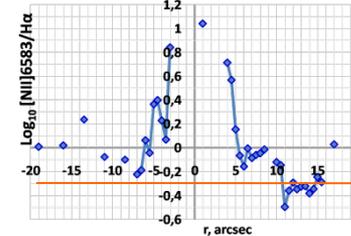
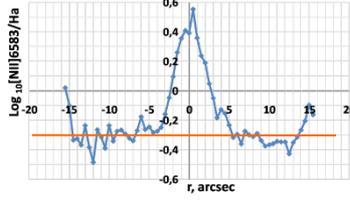
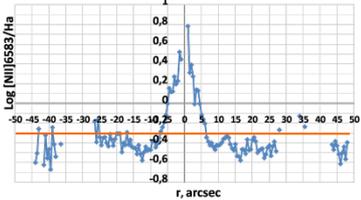
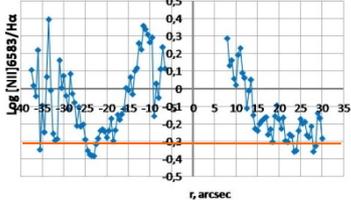
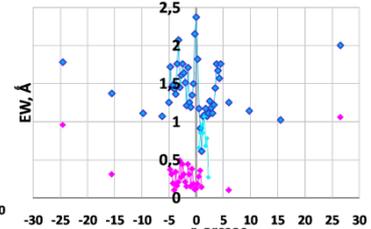
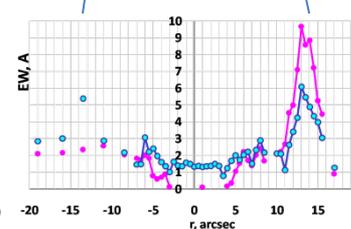
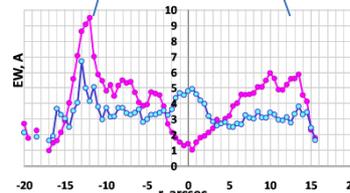
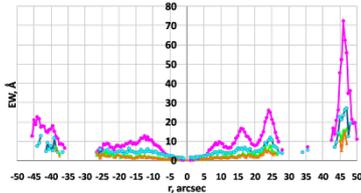
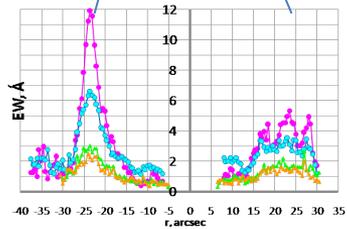
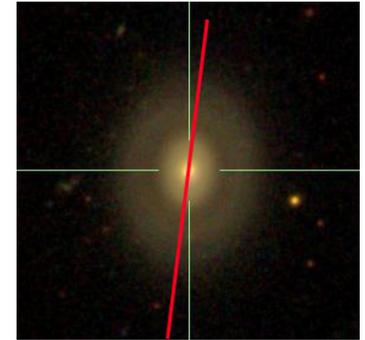
NGC 7808



PGC 48114

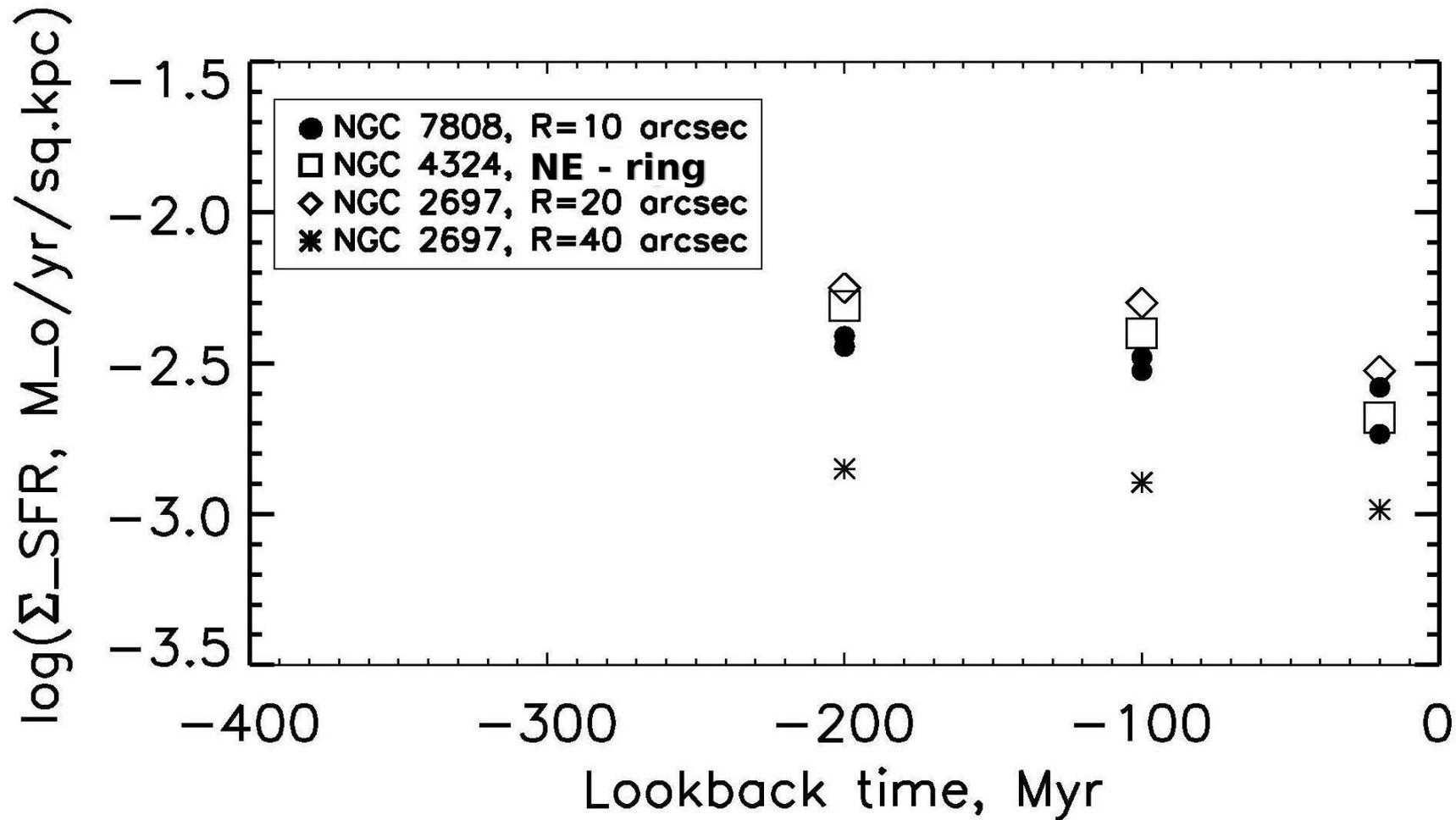


NGC 809



Примечание. Для определения областей звездообразования использовались BPT-диаграммы из работы Kewley L. J., Groves B., Kauffmann G., Heckman T., 2006, MNRAS, 372, 961

Истории звездообразования в кольцах

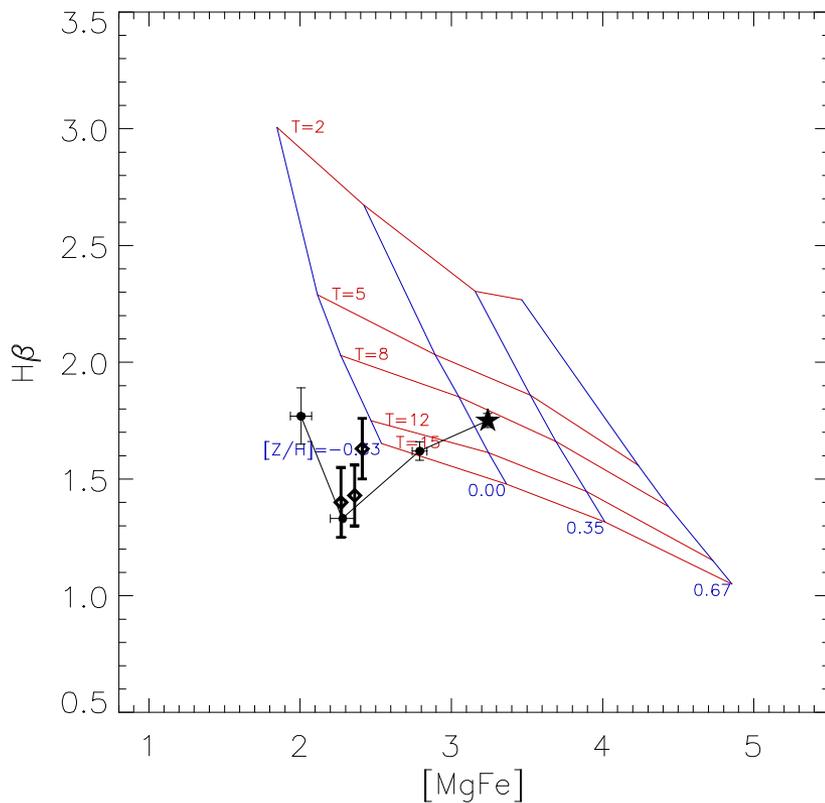


Свойства звёздного населения галактик

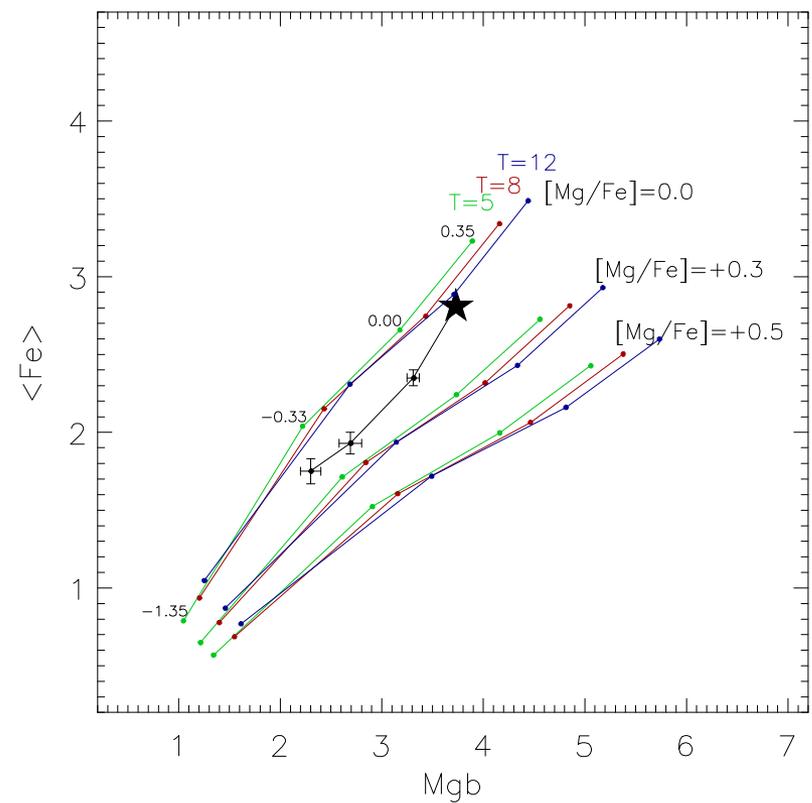
- Измерение Ликских индексов
- Оценка среднего возраста и металличности звёздного населения галактик, а также обилия α -элементов с помощью диагностических диаграмм (Thomas D., Maraston C., Bender R., 2003)

NGC 4324

Оценка среднего возраста и
металличности звёздного населения
галактики NGC 4324 в центре ($r \leq 3''$;
 $3'' < r \leq 6''$), во внутреннем диске
($r = 7'' \dots 16''$) и в кольце с яркой эмиссией
газа ($r = 17'' \dots 29''$)

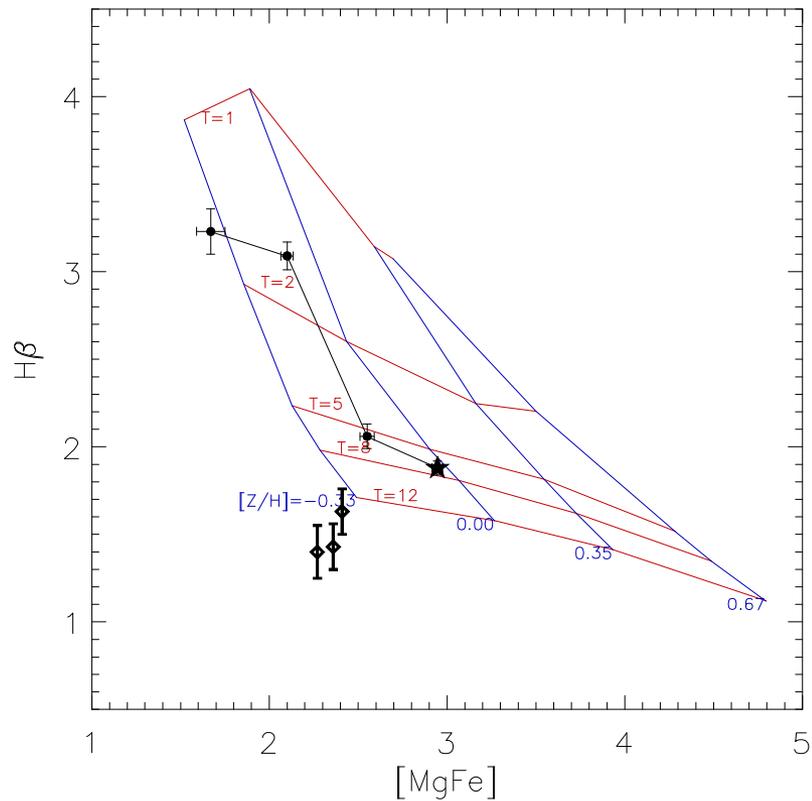


Оценка отношения [Mg/Fe] в NGC 4324
на различных расстояниях от центра

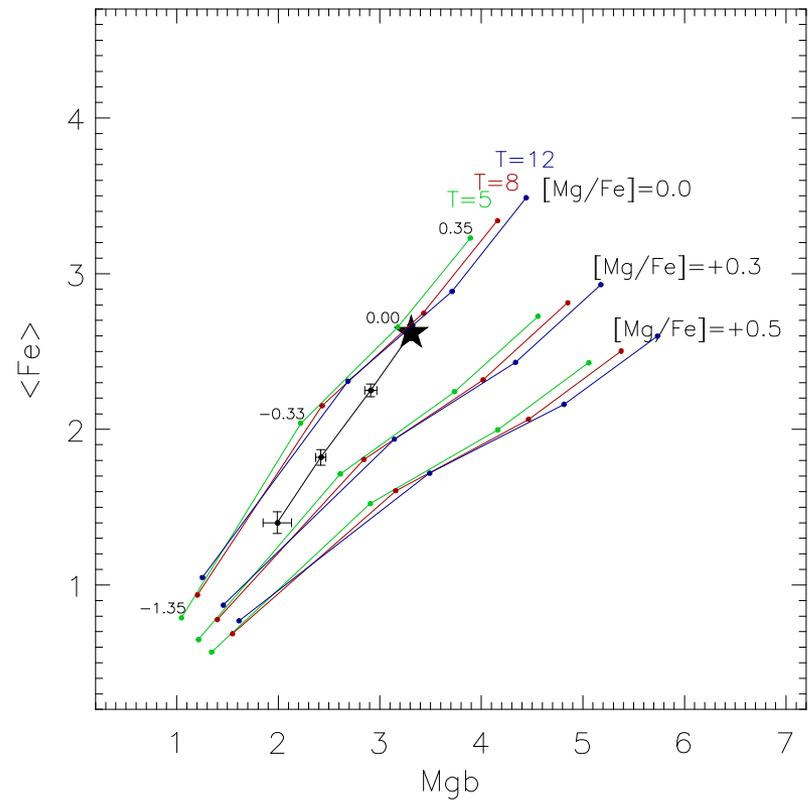


NGC 2697

Оценка среднего возраста и металличности звёздного населения галактики NGC 2697 в центре ($r < 2''$), в области $2,5'' < r \leq 7''$ и в кольцах с яркой эмиссией газа в диске ($7'' < r < 11''$ и $11'' \leq r < 21''$)

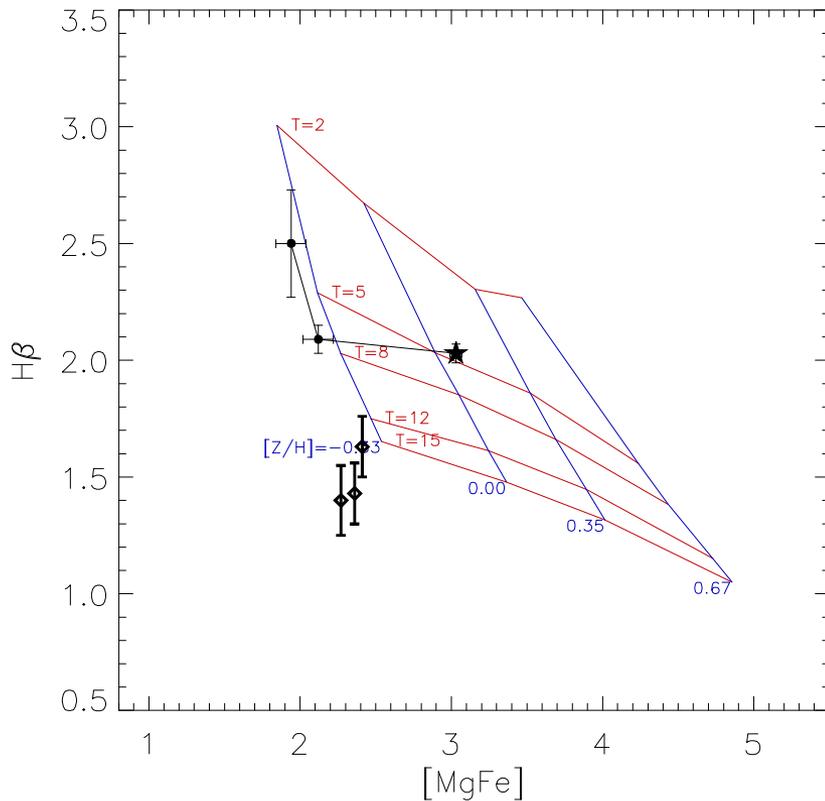


Оценка отношения [Mg/Fe] в NGC 2697 на различных расстояниях от центра

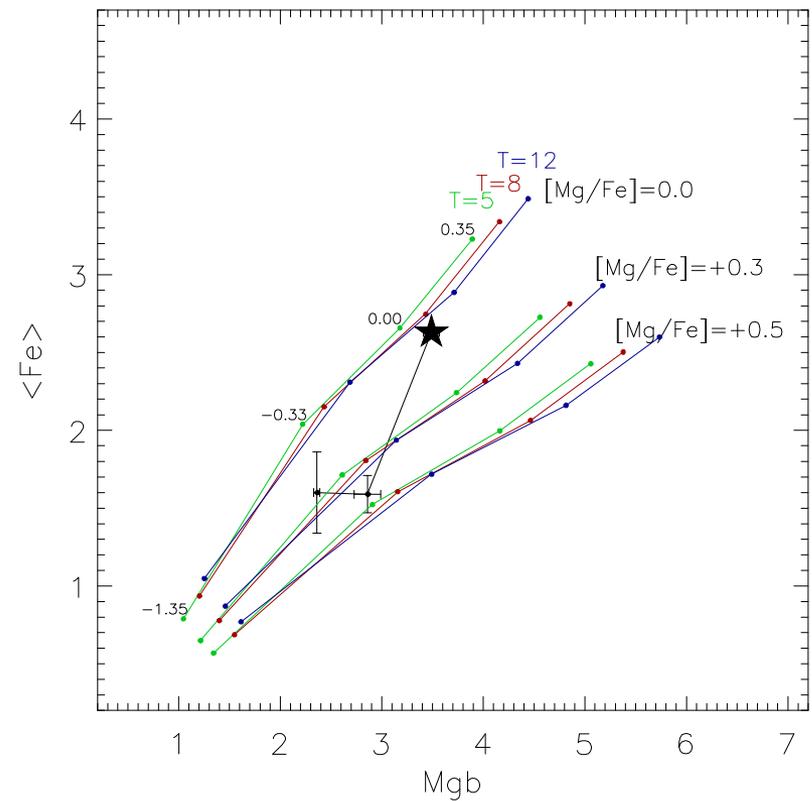


NGC 7808

Оценка среднего возраста и металличности звёздного населения галактики NGC 7808 в центре ($r < 4,5''$), в средней части диска ($r = 5'' \dots 9,5''$) и в кольце с яркой эмиссией H α ($r = 10'' \dots 15''$)



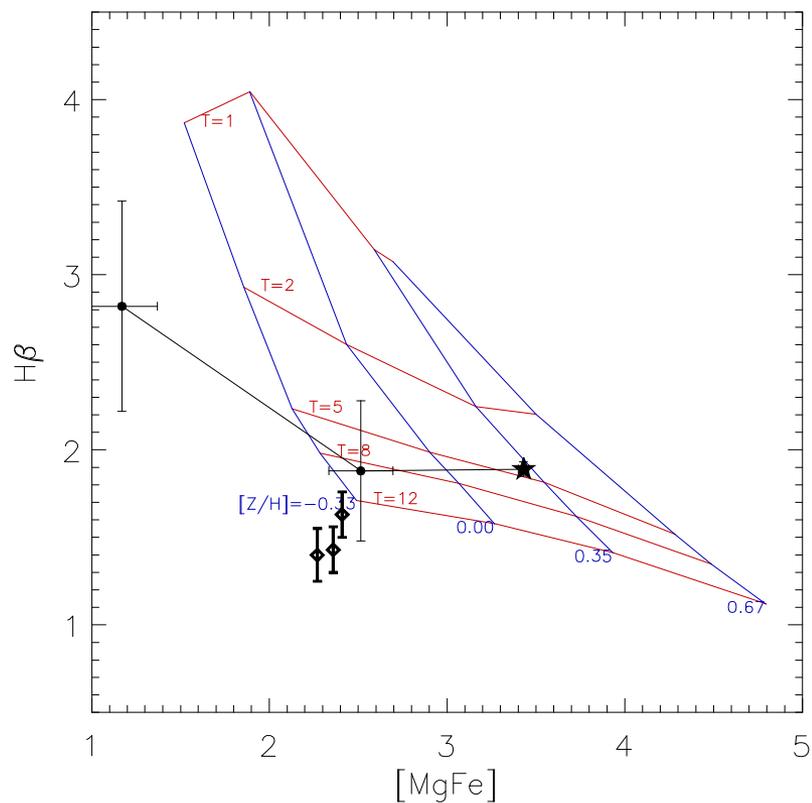
Оценка отношения [Mg/Fe] в NGC 7808 на различных расстояниях от центра



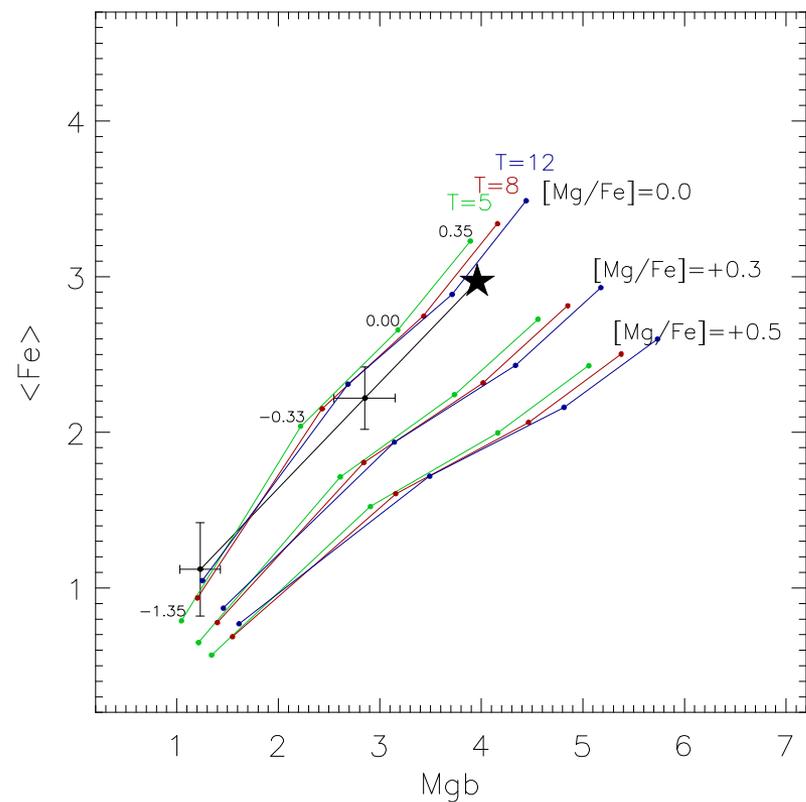
PGC 48114

Оценка среднего возраста и
металличности звёздного населения
галактики PGC 48114

в центре ($r < 2,5''$), в области $2,5'' \leq r \leq 10''$ и
в экспоненциальном диске ($r > 10''$)

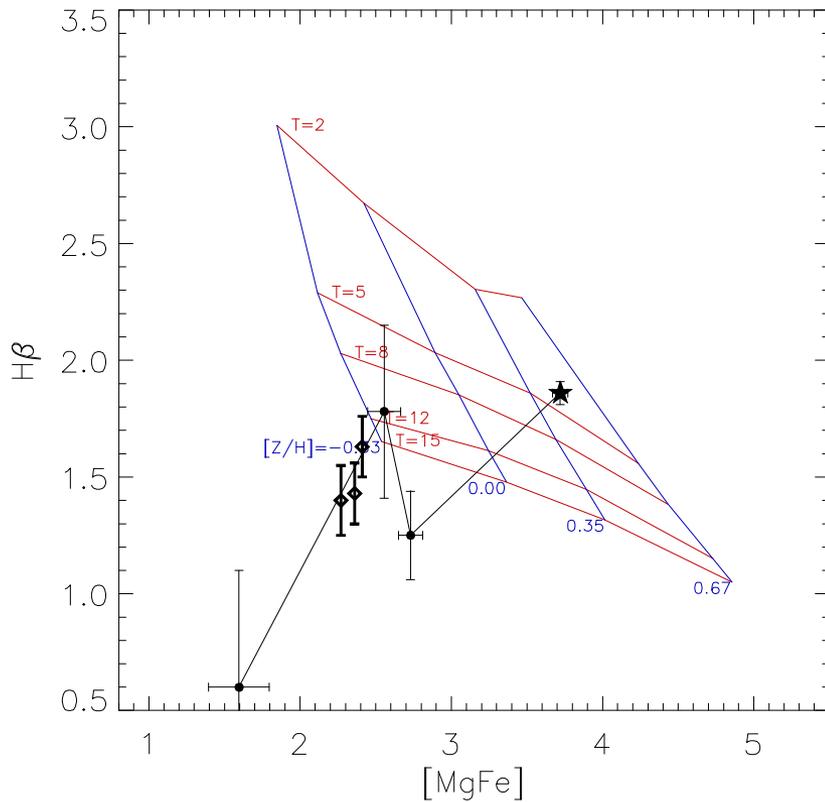


Оценка отношения [Mg/Fe] в PGC 48114
на различных расстояниях от центра

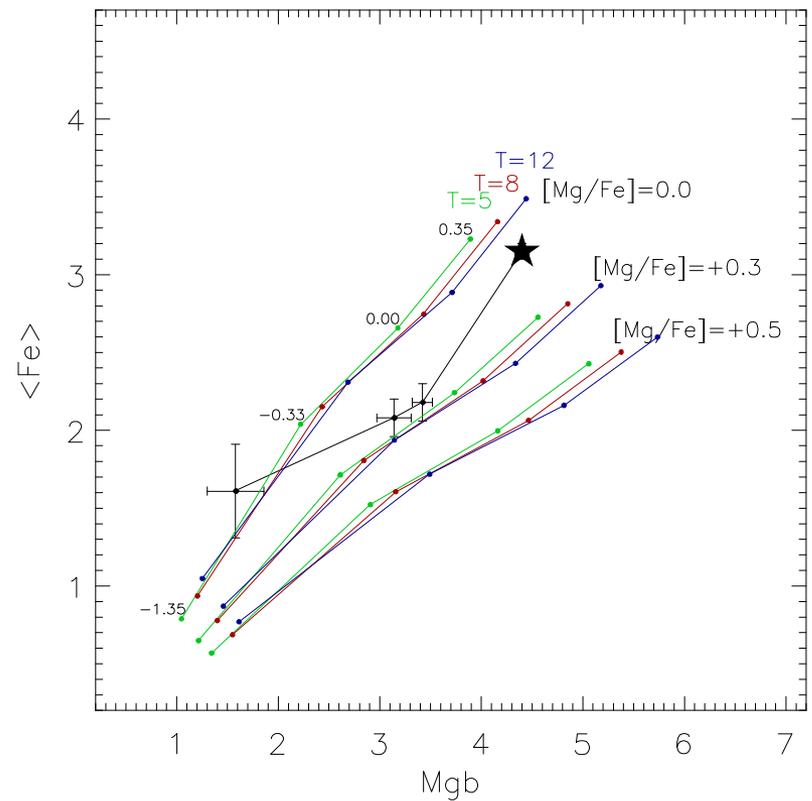


NGC 809

Оценка среднего возраста и металличности звёздного населения галактики NGC 809 в центре ($r < 3''$), в областях $3'' \leq r < 7,5''$, $7,5'' < r < 18,5''$ и во внешнем кольце ($r = 19'' \dots 34''$)



Оценка отношения [Mg/Fe] в NGC 809 на различных расстояниях от центра



Сравнение металличностей звёзд и газа на различных радиусах в галактиках

Галактика	Расстояние от центра галактики r, arcsec	Металличность звёзд, [Z/H]	Металличность газа, [O/H] (O3N2)	Металличность газа, [O/H] (N2)
NGC 2697	+16''	-0.4	-0.145 ± 0.04	-0.19 ± 0.05
	+24''		-0.15 ± 0.03	-0.18 ± 0.05
	+46''		-0.21 ± 0.03	-0.19 ± 0.05
NGC 4324	-23''	-0.5	-0.26 ± 0.03	-0.11 ± 0.04
	+94''			-0.18 ± 0.06
NGC 7808	-24''			-0.15 ± 0.03
	-12''	-0.4	-0.24 ± 0.07	-0.11 ± 0.04
	+12''	-0.4	-0.24 ± 0.02	-0.12 ± 0.01
PGC 48114	+13''	-1.0		-0.105 ± 0.04

Выводы

- В исследуемых линзовидных галактиках обнаружен ионизованный газ (с разной природой возбуждения).
- В центральных частях галактик газ имеет ударное и/или комбинированное возбуждение.
- Газ, возбуждённый звездообразованием, прослеживается на расстоянии от центров галактик и образует **кольцеобразные структуры**.
- Звездообразование в этих областях длится уже около 200 млн. лет и затухает со временем.
- На одних и тех же расстояниях от центров галактик металличность звёзд и газа различны: металличность газа близка к солнечному значению, а металличность звёздного населения много меньше солнечного значения.
- Металличность звёздного населения достигает максимальных (солнечных и окоლოსолнечных) значений в центральных частях галактик и уменьшается от центра к периферии галактики.
- Звездообразование в исследуемых галактиках протекает в областях с продвинутой химической эволюцией газа (либо родительской галактики, либо аккрецировавшего с другой галактики).
- Следы аккреции низкометаллического газа не обнаружены.

Proshina I.S., Kniazev A. Yu., Sil'chenko O.K. 2019, AJ, 158, 5

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-02-00094а

Спасибо за внимание!