

Многорезжимный фокальный редуктор телескопа БТА

Лекция VI.

Прямые снимки. "Плоское поле" в режиме изображений.
Фотометрия протяженных и звездообразных объектов.
Мультиобъектная спектроскопия.

Прямые снимки: все просто?

Кажется, что все просто: детектор+фильтр+оптика

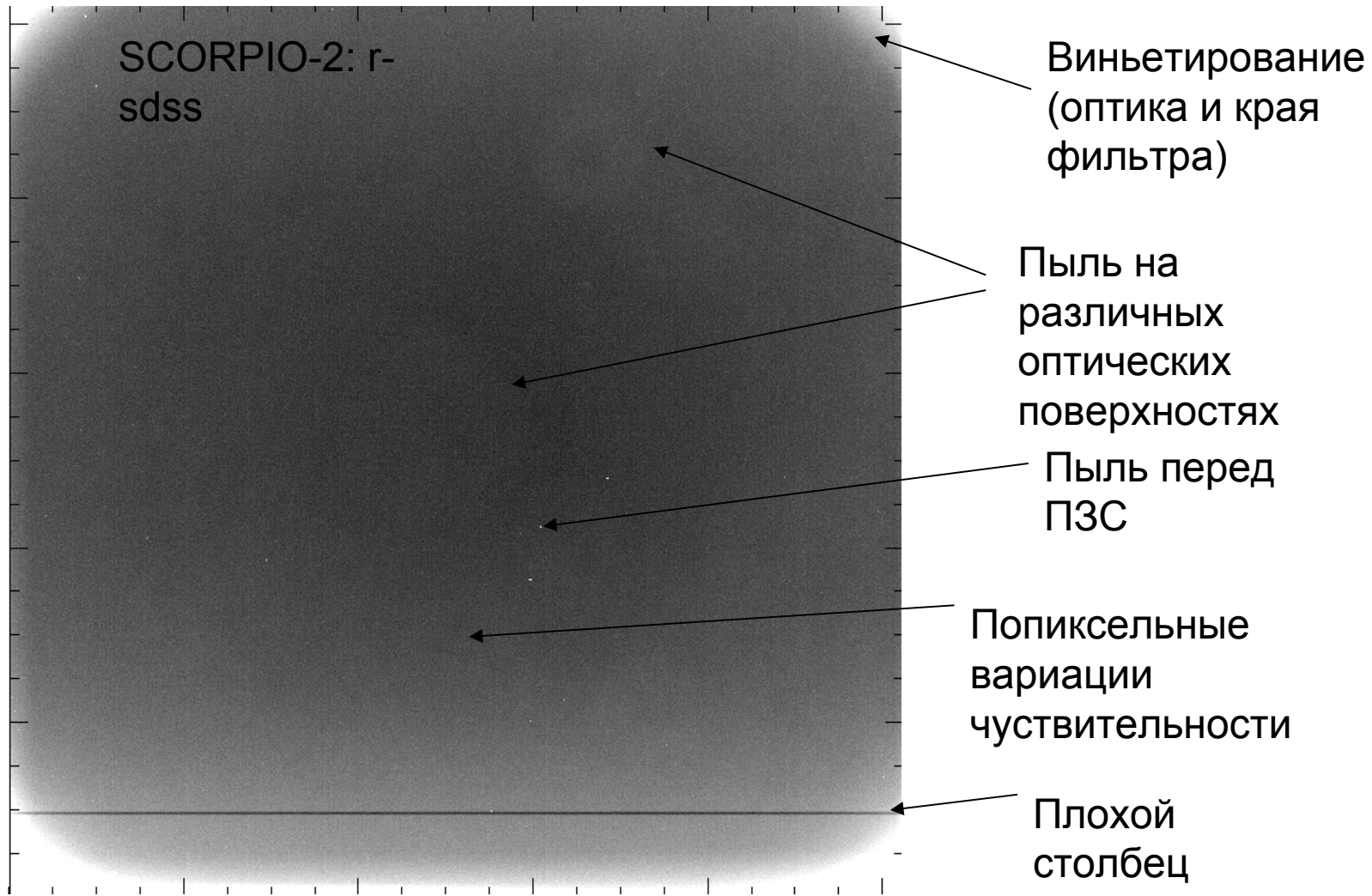
И всего одна формула обработки:

$$result = \frac{obj - bias - [dark]}{flat - bias}$$

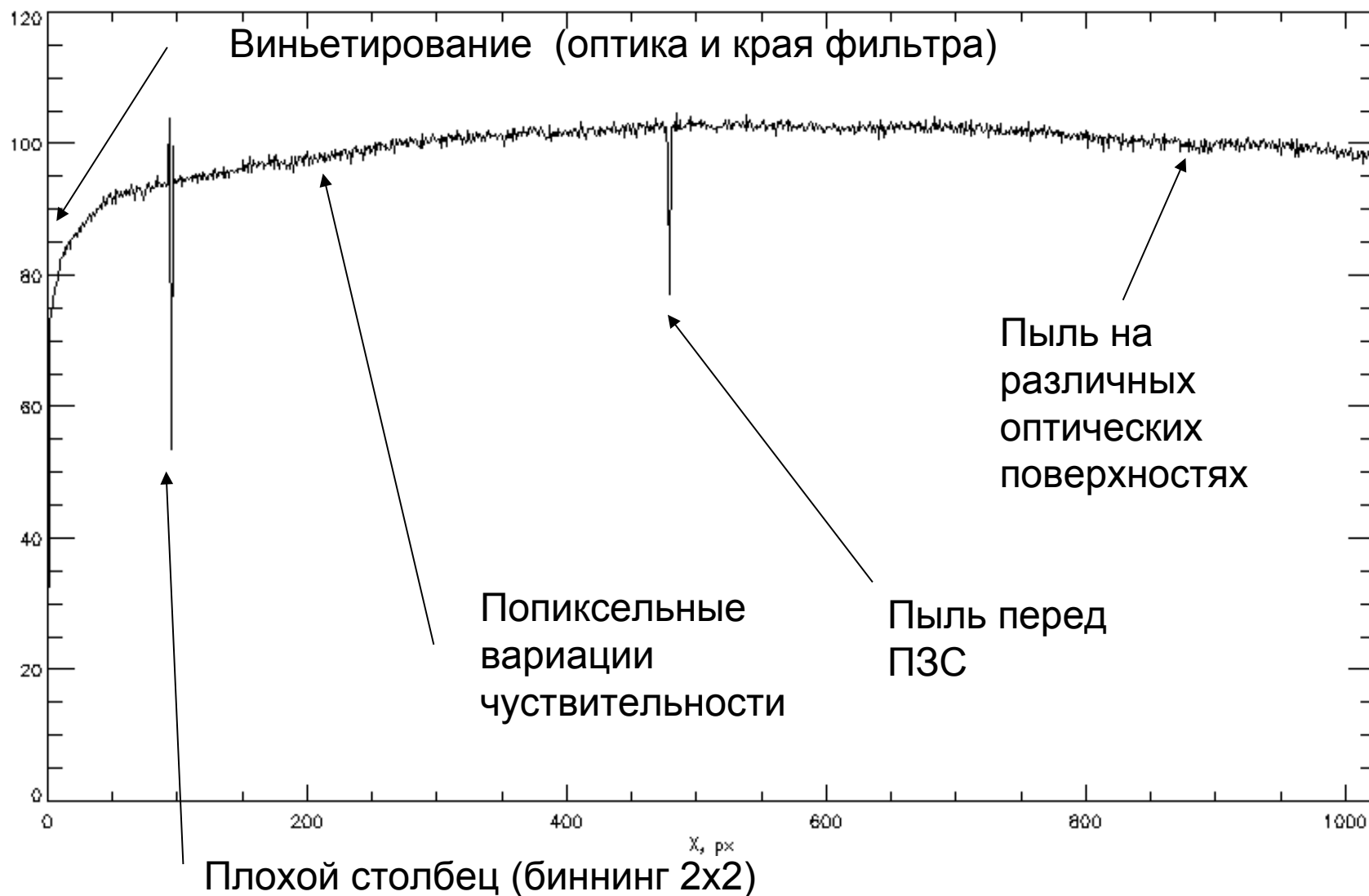
Но сигнал, как правило, значителен, формальная точность высока, а значит, будет заметно много мешающих факторов!



Прямые снимки: плоское поле



Хотя большинство вариаций - малококонтрастны



Как сделать равномерную засветку?

Чтобы иметь калибровку в любое время - экран под куполом?

НО чем сложнее оптическая система и шире полоса фильтра, тем больше будет отличий “плоского поля” от реальных вариаций чувствительности.

- калибровочной засветка должна идти тем же оптическим путем, что и свет от объекта (т.е. находится в бесконечности)

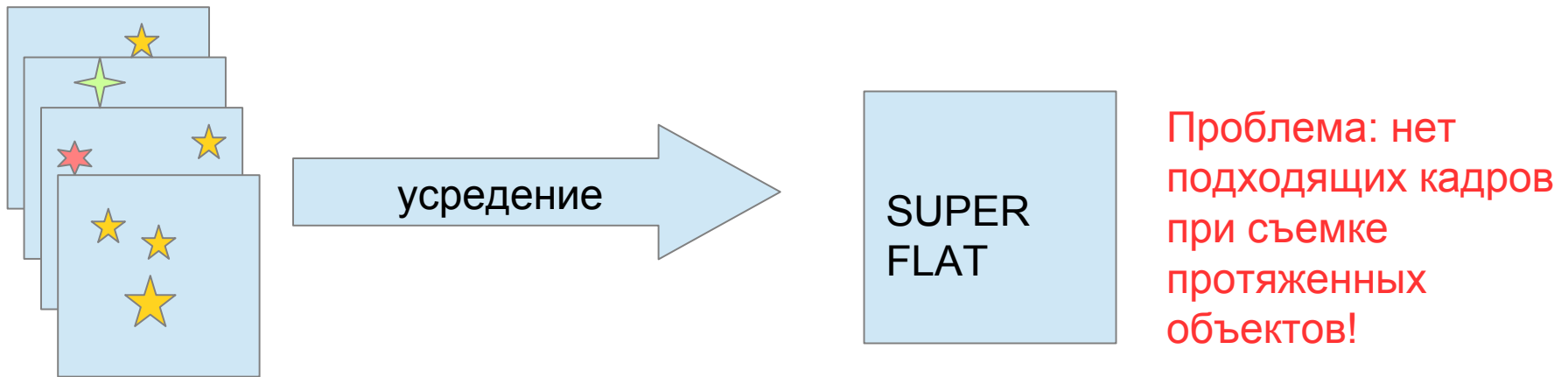
- тот же спектральный состав (особенно актуально для красной области - фринги)



Плоское поле в разных фильтрах

Обобщение опыта работы:

- в узкополосных фильтрах (20-30 Å) – годится даже встроенная лампа непрерывного спектра (так и работаем с ИФП)
- в среднеполосных (100-300Å) – рассветное небо
- в широких (~1000 Å) - идеально использовать SUPERFLAT

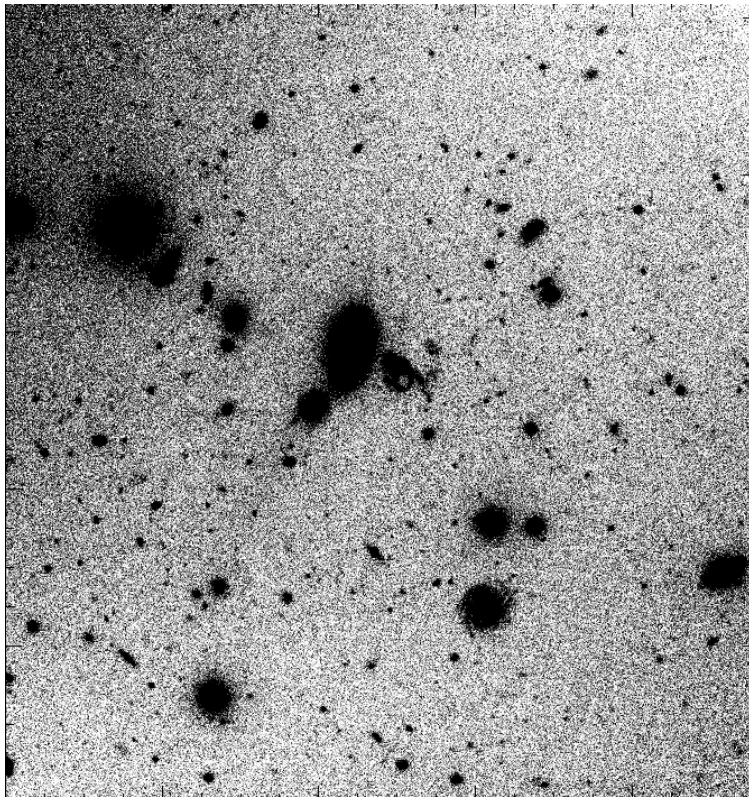


Наборы кадров объекта

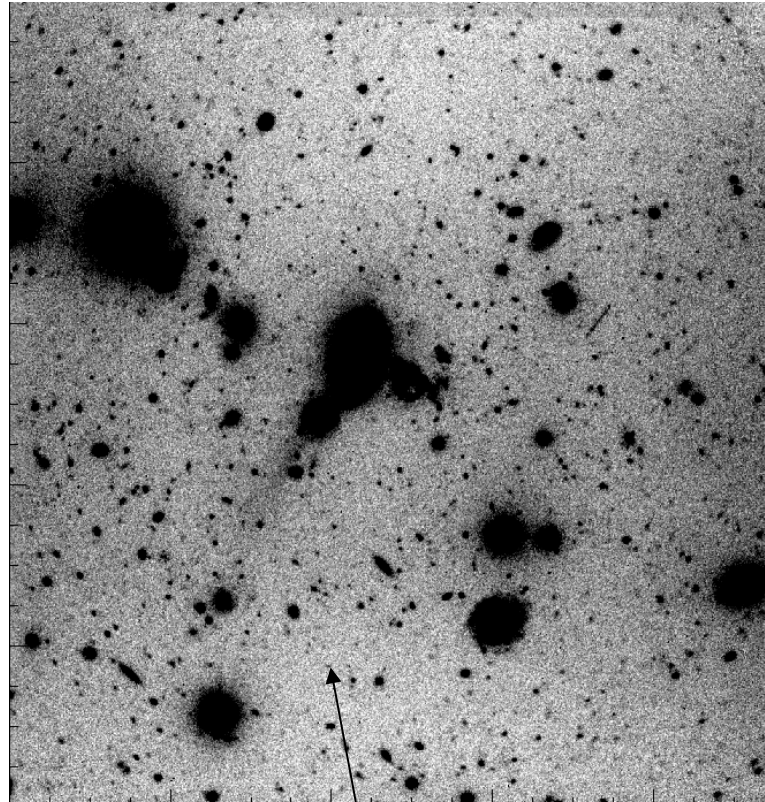
Рассветное небо – не идеально, но годится

Проблемы с плоским полем появляются на глубоких снимках

SCORPIO-2 V: 250 sec



7x250 sec



Вариации 0.5-1% от фона

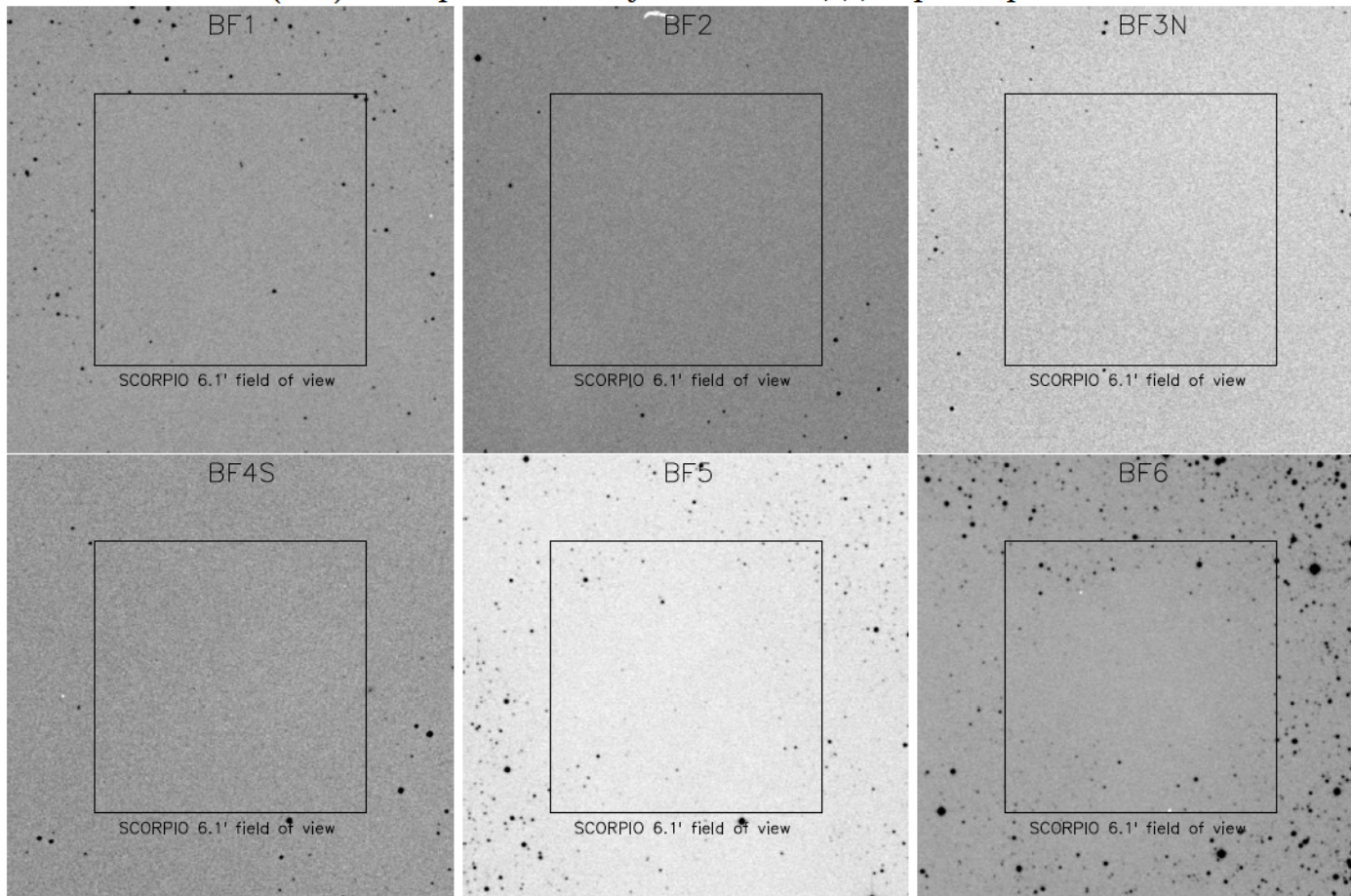
Рассветное небо: проблема "чистого поля"

SCORPIO/SCORPIO-2: поле 6x6 arcmin

Не так уж и много таких пустых площадок на небе

Выручают темные туманности в Млечном Пути

DSS2(red) Изображения "пустых" площадок размером $10 \times 10'$



Рассветное небо: последовательность наблюдений

Помним о том, что небо голубое, а у фильтров разная ширина.

Пример для вечера (небо тускнеет):

- 1) FN654 (самый узкий – 75 Å)
- 2) SED606 (170) Å
- 3) R (в синих фильтрах небо еще яркое, а в красном уже ОК)
- 4) V
- 5) B

А утром (небо ярчает) – обратная последовательность

Срабатывание затвора на ярких объектах

Ирисовый затвор, время срабатывания – 0.1 с

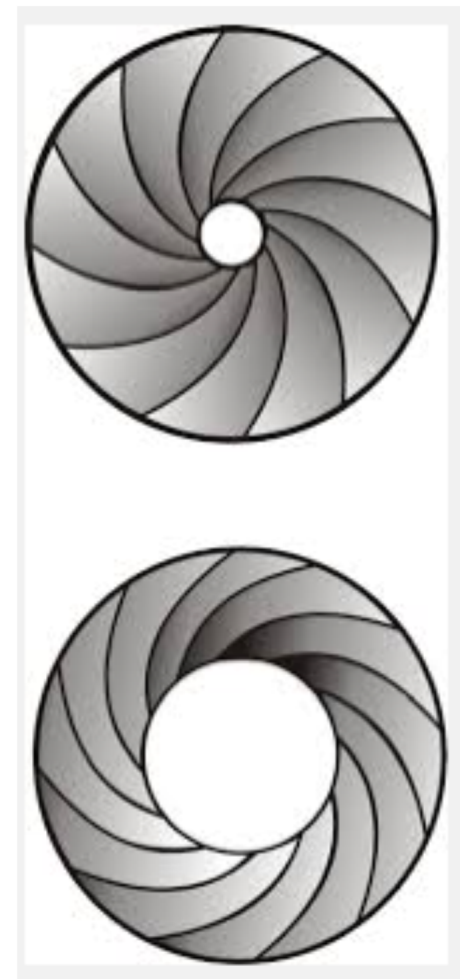
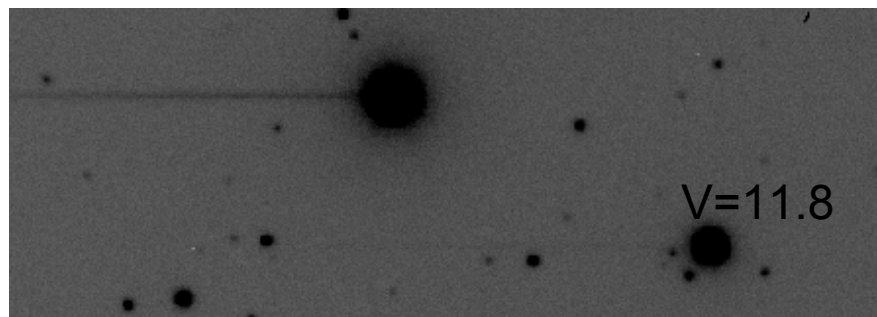
SCORPIO: затвор вблизи фокальной плоскости

-> центр экспонируется на 0.2 с дольше, чем края
перекос “плоского поля”:

Техр= 1 с -> 20%

Техр= 10 с -> 2%

SCORPIO-2: затвор в параллельном пучке, но
считывание начинается одновременно с его
закрытие, яркие звезды успевают прочертить след

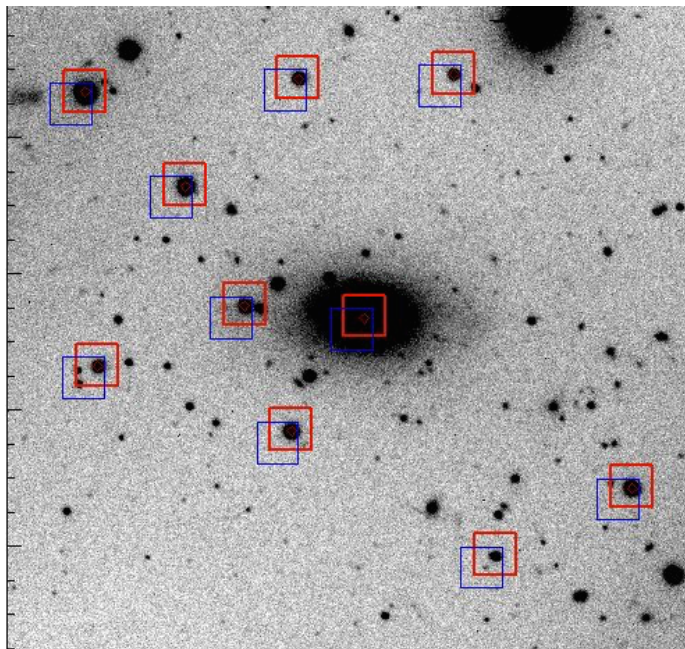


НЕ ДЕЛАЕМ ЭКСПОЗИЦИЙ КОРОЧЕ 10 сек!
(в 100 раз превышаем время закрытия)

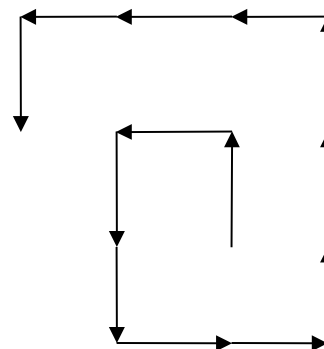
Сдвиги между экспозициями объекта (и плоского поля)

Все равно надо снимать несколько экспозиций для чистки следов космических частиц

-> Сдвиг на 20-40 px (7-15") для гарантии коррекции мелкомасштабных вариация "плоского поля". Так же это необходимо, если планируем строить SUPERFLAT по звездным полям



Сдвиги "улиткой"



Легко реализовать автоматический алгоритм для измерения реального сдвига кадров в процессе обработки по изображениям звезд, используя данные о координатах телескоп из FITS шапки, либо алгоритмы отождествления конфигураций

Проблема качества изображений

Вспминаем лекцию 1:

Для слабого звездообразного объекта фактор диаметра телескопа эквивалентен изменению качества изображений (β):

$$(S/N) = \frac{N_*}{\sqrt{N_s}} = \frac{D^2 n_* t}{D \beta \sqrt{st}} = \frac{D}{\beta} n_* \sqrt{\frac{t}{s}}$$

Для протяженного - светосила (D/F) играет роль в той же степени, что линейный размер пикселя (p).

Кроме атмосферного размытия (seeing) есть еще и вариации аппаратного контура по полю (PSF=point spread function)

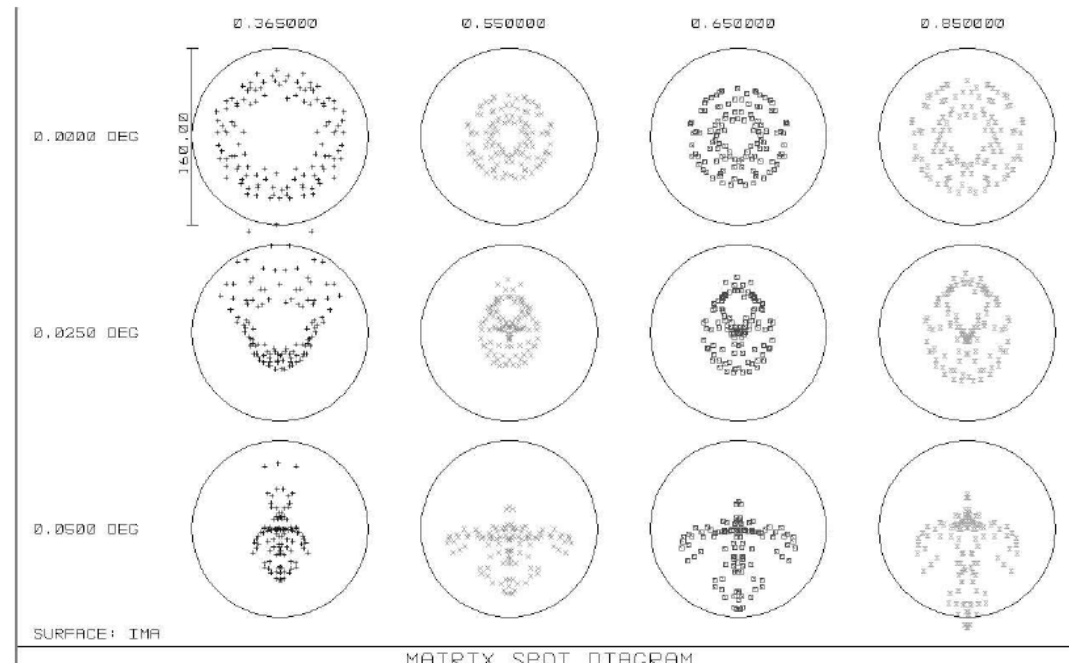
PSF SCORPIO: история вопроса

Изначально (2000)



Но этот вариант не давал работать с длинной щелью и многощелевой маской

Оптимизация под seeing > 1.5"



Остаточный астигматизм: при seeing=1-1.5" рабочее поле уменьшается до 4 arcmin

SCORPIO-2 – проблема исправлена

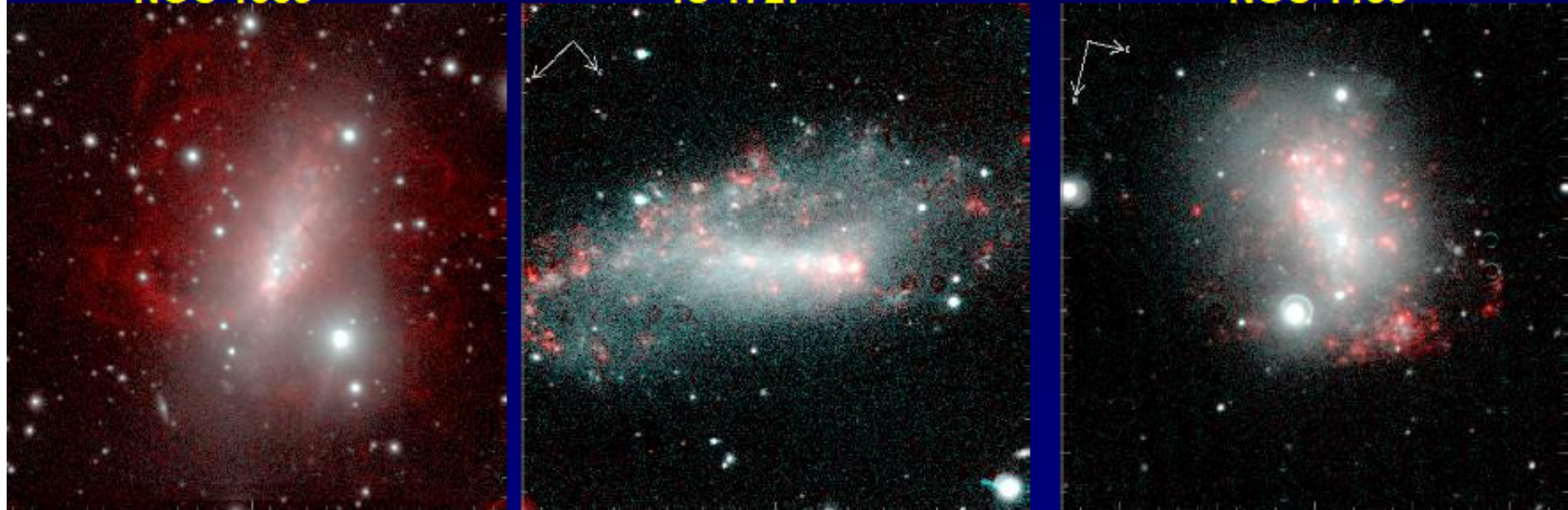
Сильная зависимость результата от качества изображений привело к тому, что задачи по фотометрии слабых звездообразных объектов (пульсары, GRB, слабые астероиды) за последние 10-15 лет постепенно “ушли” с БТА.

А что же пришло? -> поверхностная фотометрия в узких и широких фильтрах

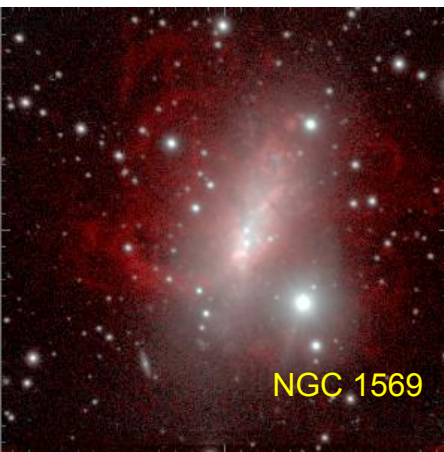
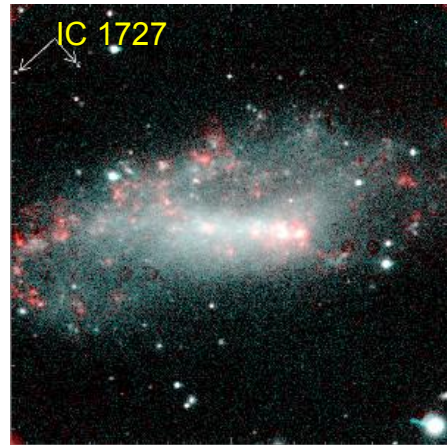
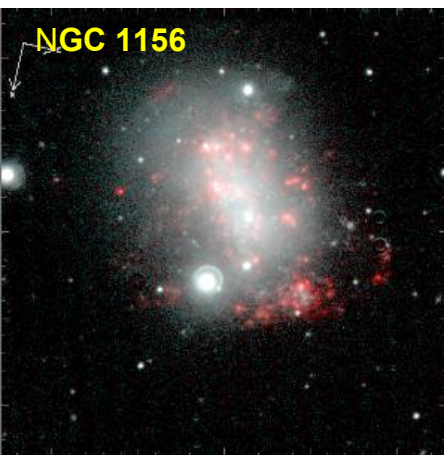
NGC 1569

IC 1727

NGC 1156

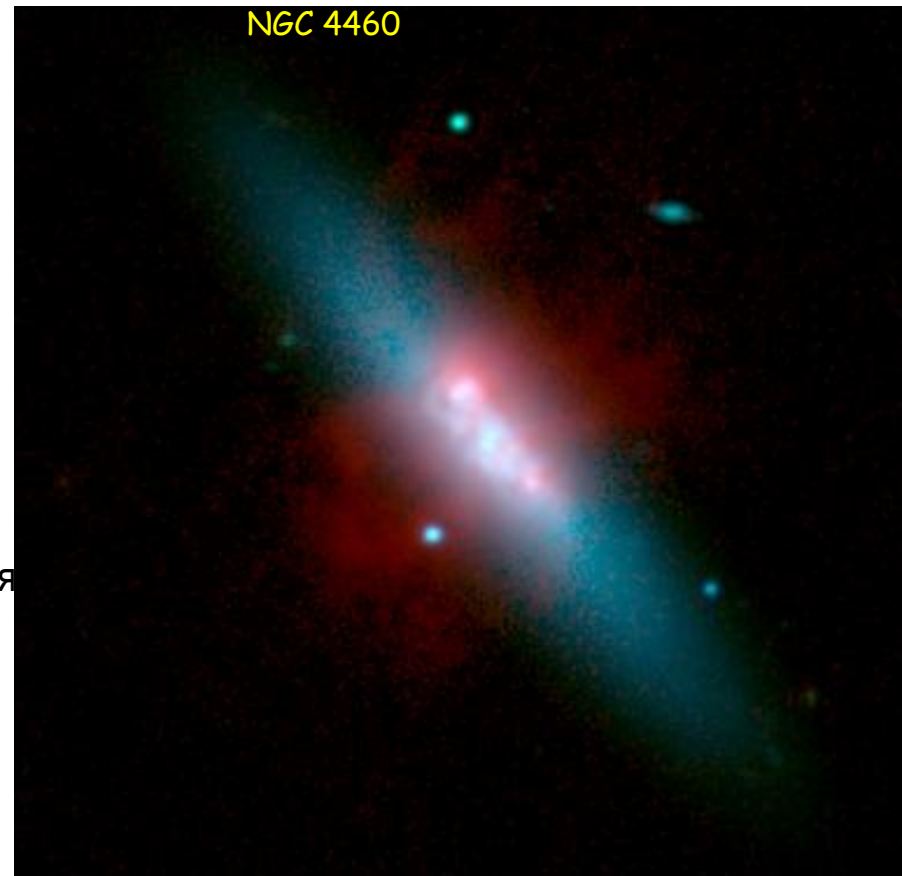


H-альфа обзор близких галактик (Кайсин, Караченцев)



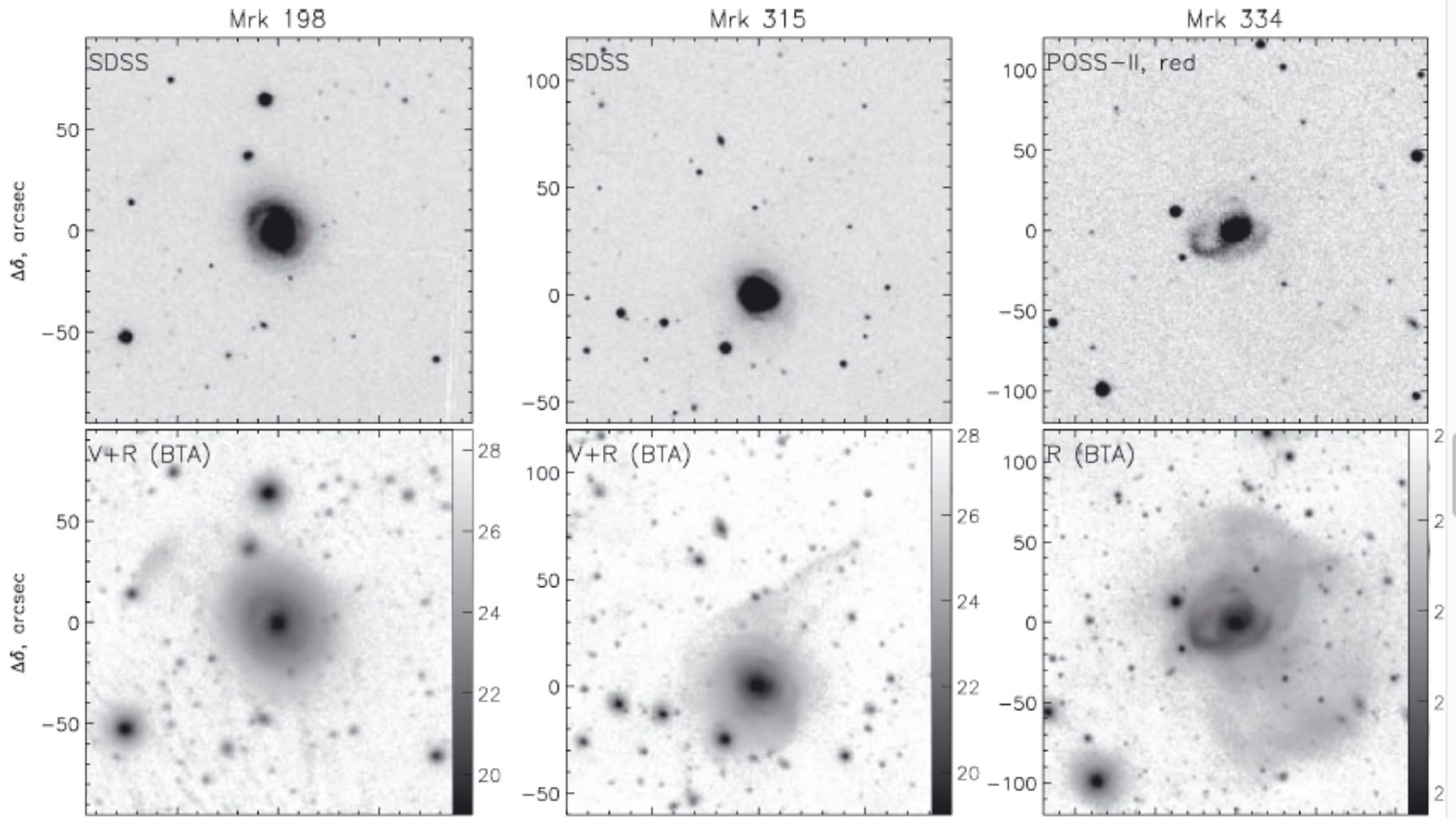
На изображения 161 галактики (37% всех данных для локального объема $D < 10$ Мpc):

- Темп звездообразования
- Время исчерпания газа



The total SFR density in the Local Universe ($z=0$):
(0.019 ± 0.003) $M_{\odot}/\text{yr}/\text{Mpc}^3$
(Karachentsev & Kaisin, 2010, AJ)

Внешние приливные структуры в галактиках



Smirnova, Moiseev, Afanasiev (2010)

R(600sec, S/N=3): 26-26.5 mag/arcsec²

SCORPIO: Johnson-Cousins (UBVRcIc).

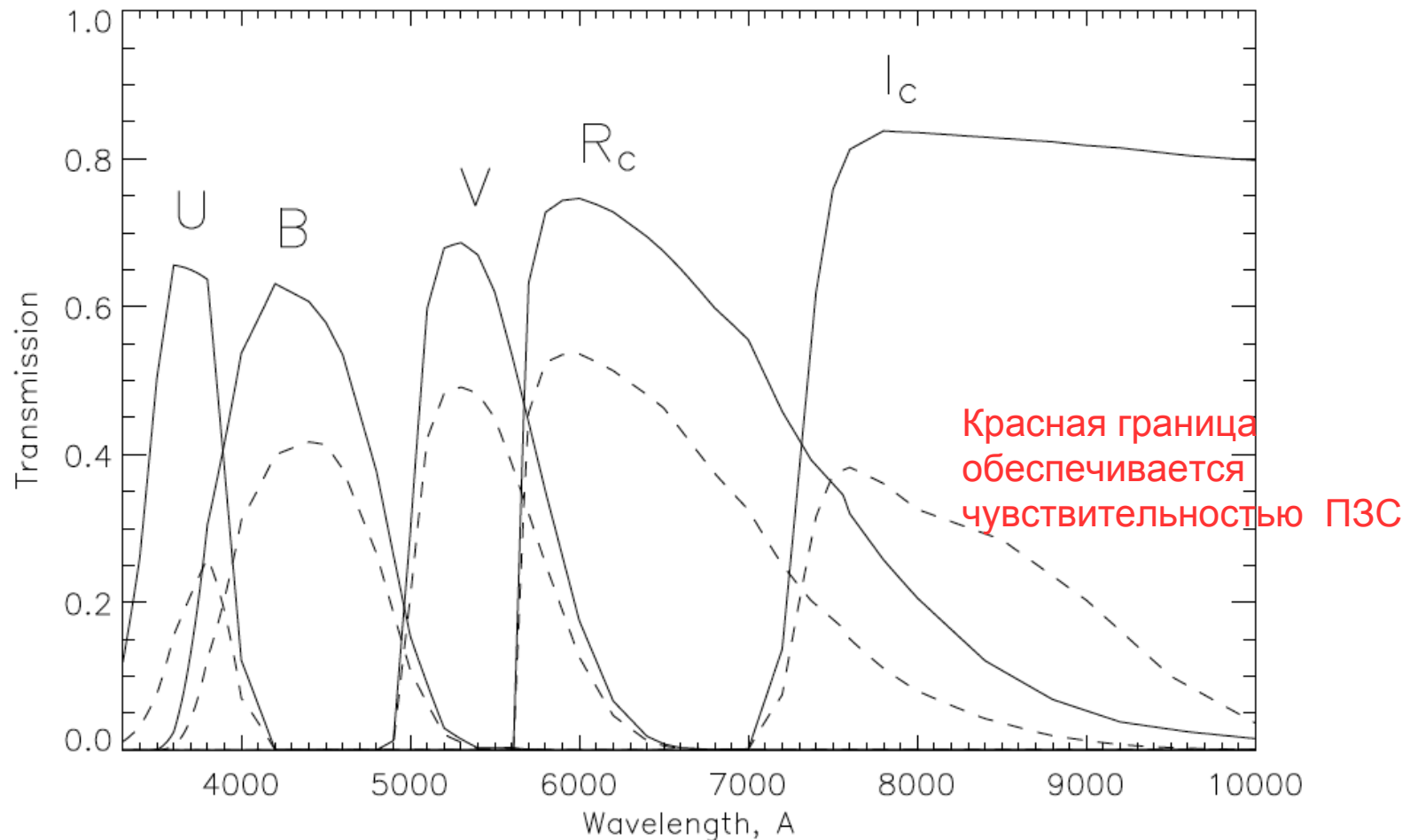


Рис. 8: Сплошными линиями показано спектральное пропускание стеклянных светофильтров. Пунктир – кривые пропускания с учетом пропускания SCORPIO и чувствительности ПЗС EEV-42-40

SCORPIO-2: SDSS

Множество вторичных стандартов на небе!

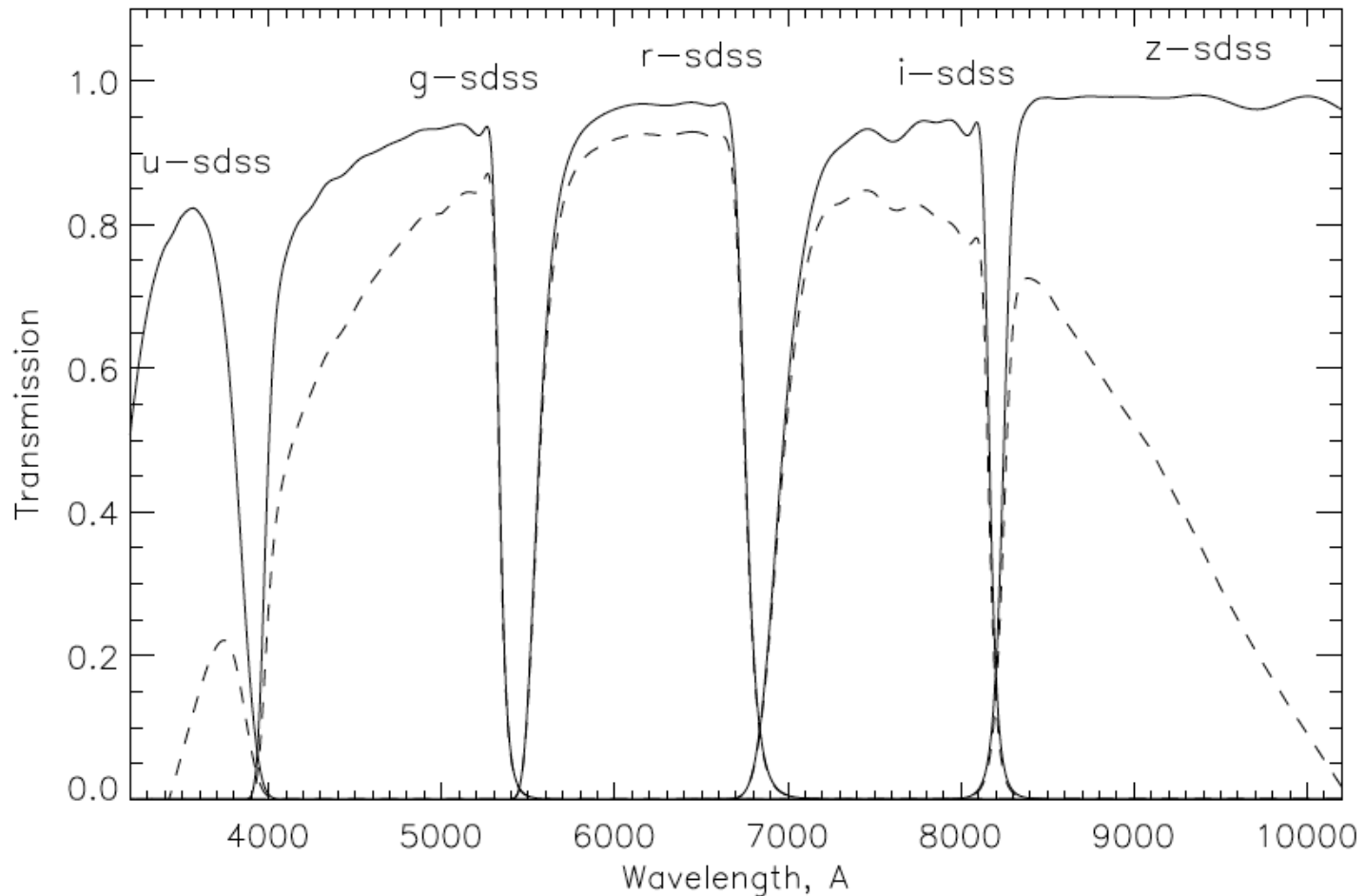
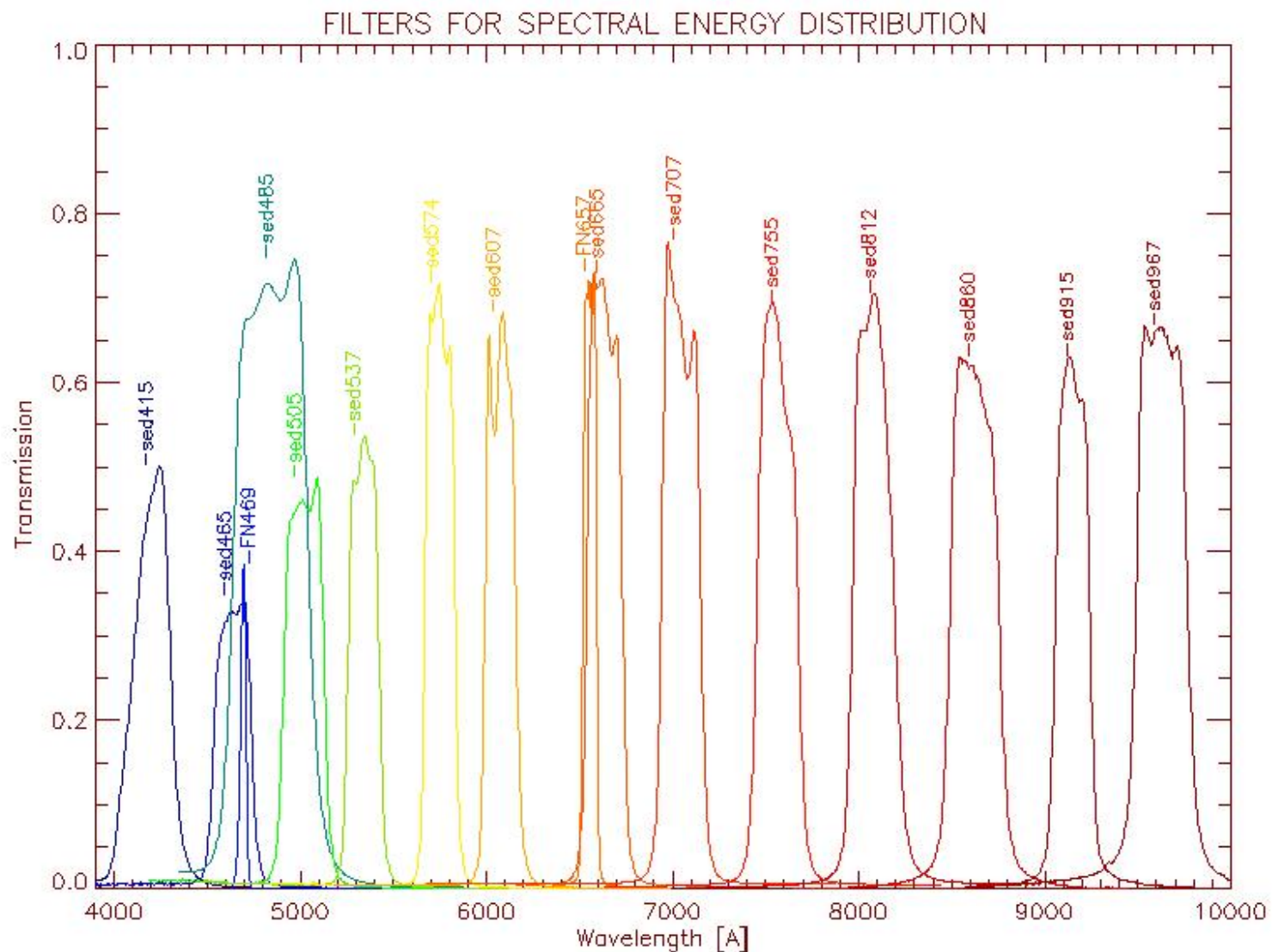
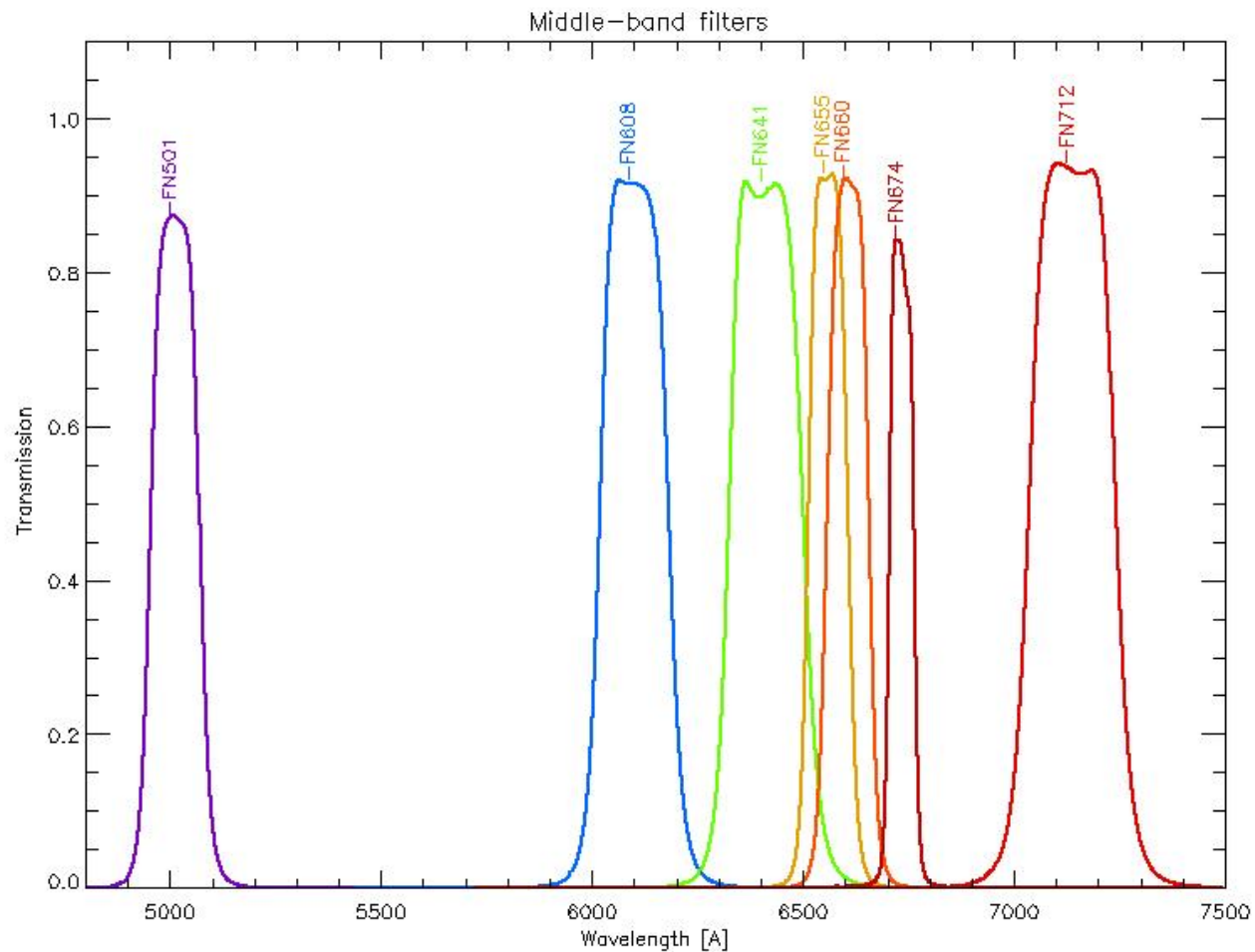


Рис. 5: Кривые спектрального пропускания светофильтров SDSS (сплошные линии). Данные производителя. Пунктир – с учетом чувствительности ПЗС E2V-42-90.

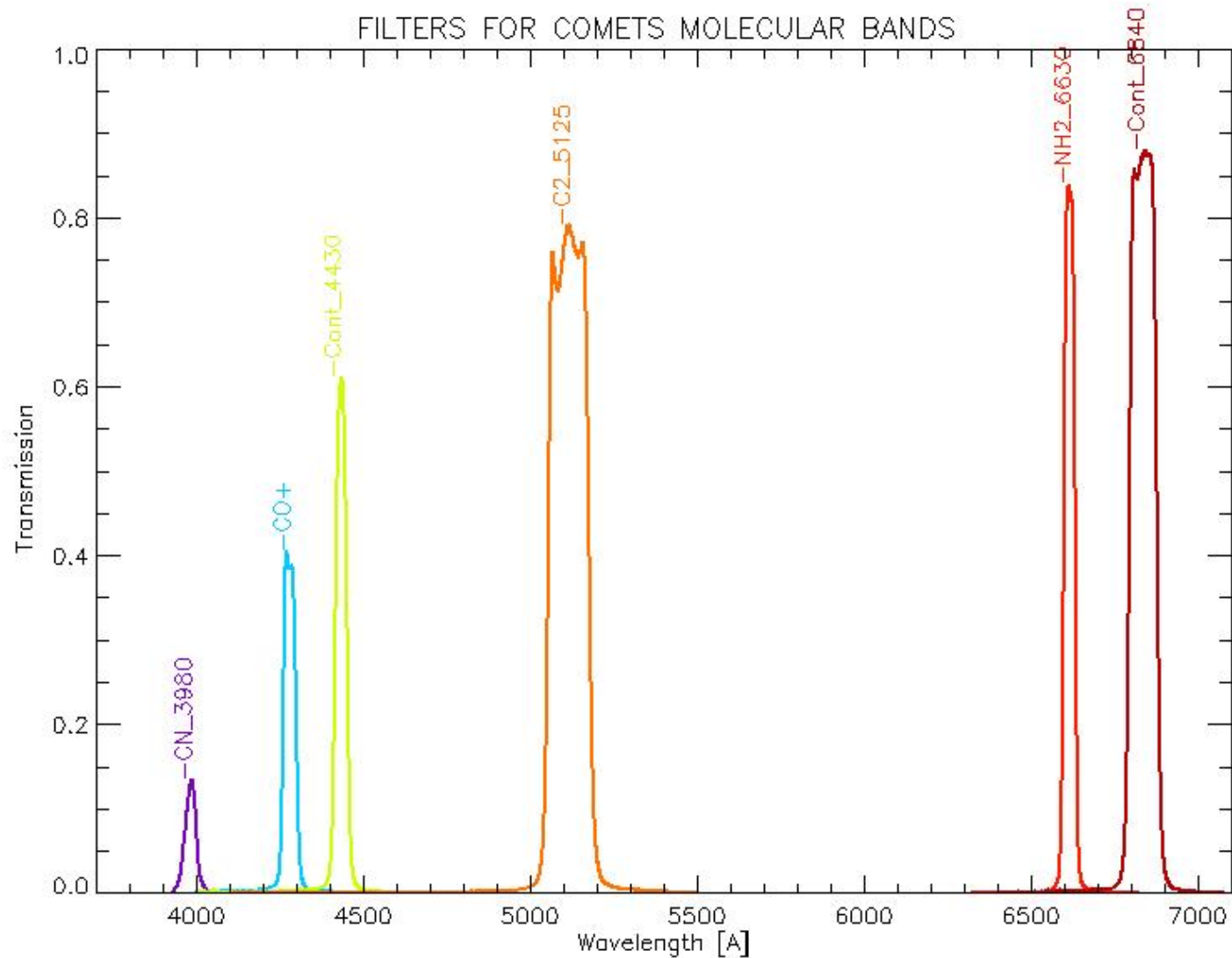
Среднеполосные фильтры: SCORPIO



Среднеполосные фильтры: SCORPIO-2



Среднеполосные фильтры: SCORPIO-2



Проблемы снимков в линиях

Все кажется простым когда эмиссия яркая, а континуум слабый:

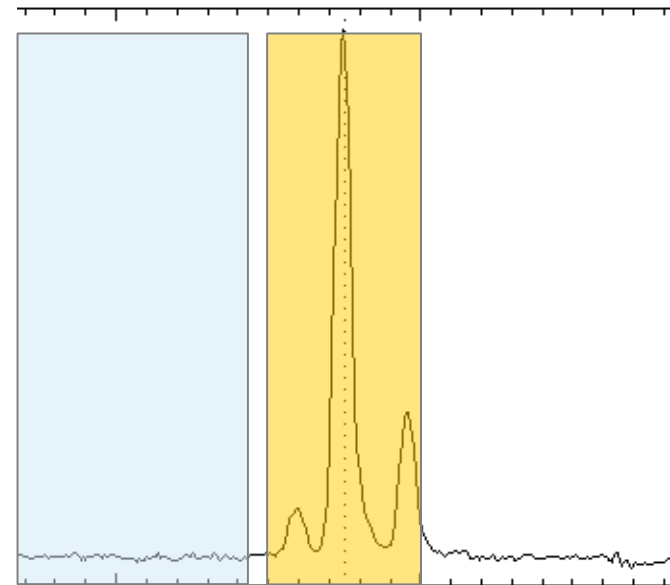
- фильтр для эмиссии $F(\text{emis})$
- фильтр на континуум $F(\text{cont})$

$\text{FWHM}(\text{cont}) = 2-3 * \text{FWHM}(\text{emis})$
и пропорционально уменьшаем T_{exp}

$$\text{NET} = F(\text{EMIS}) - k * F(\text{CONT})$$

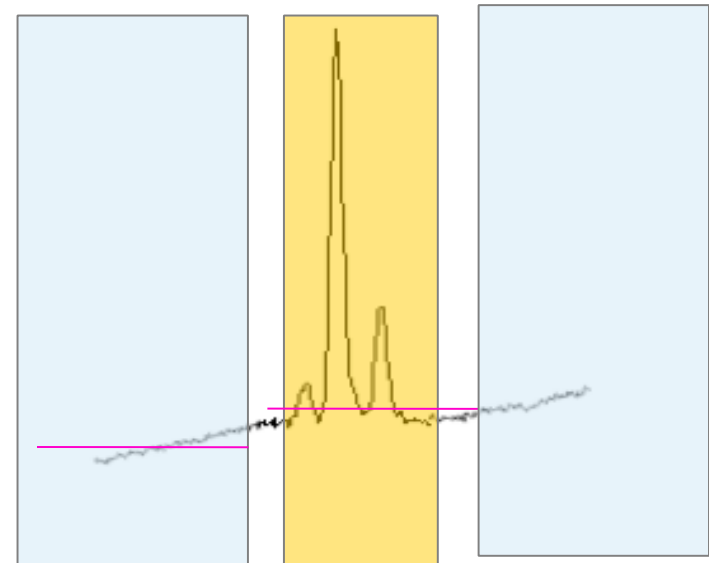
k – зависит не только от того, насколько отличаются ширины фильтров и экспозиции, **но и от наклона спектра** (насколько различается его уровень по длинам волн)

В это случае – хорошо ставить второй фильтра на континуум (но, затратно по времени и свободному месту в турелях)



$F(\text{cont})$

$F(\text{emis})$

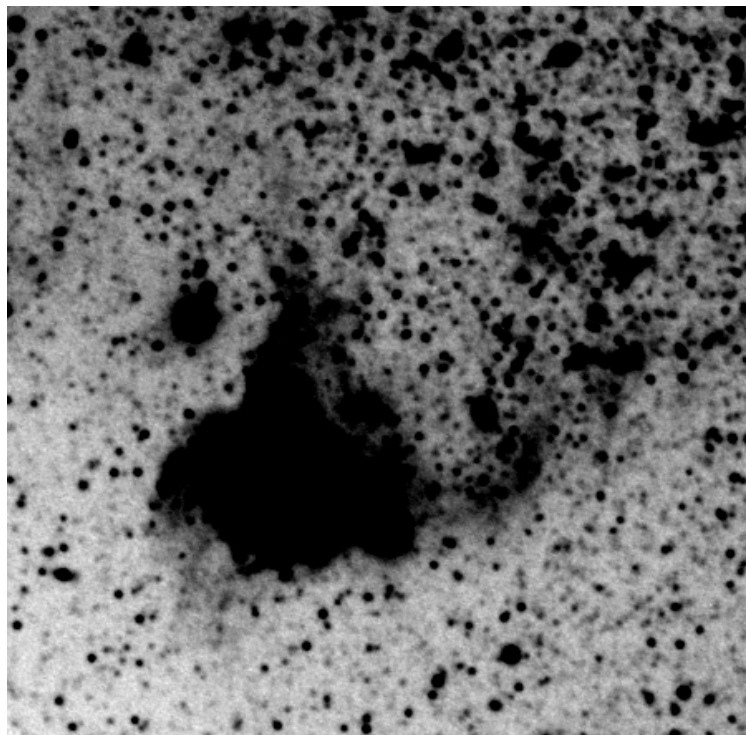


Решение: смотрим, как вычитаются звезды фона

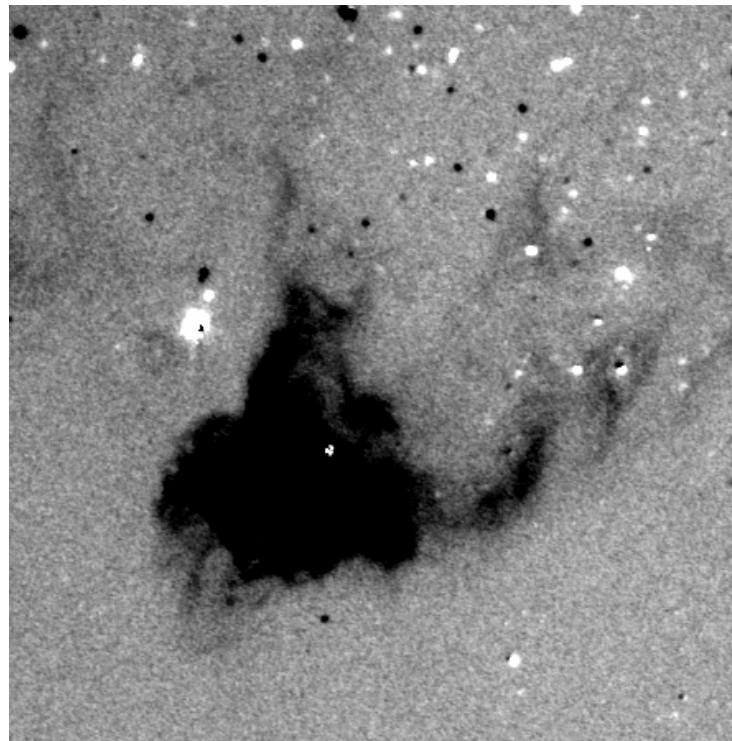
Проблема коэффициента k – мы не знаем вид спектра изучаемого объекта в каждой точке (если бы знали – не нужен был бы снимок)

Но если фильтры близки по длинам волн – можно считать, что спектр примерно “плоский” и в вашем объекте и в фоновых (в среднем)

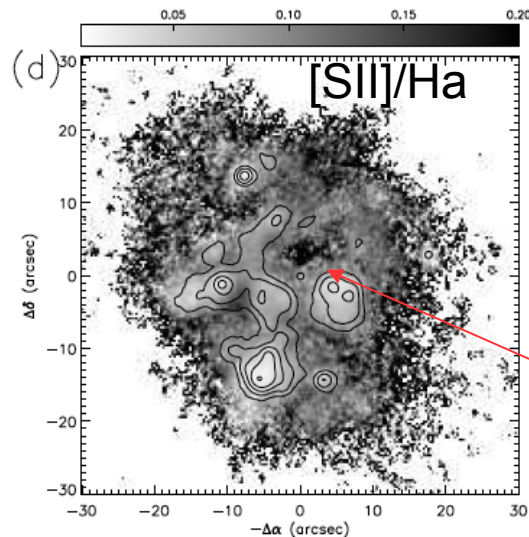
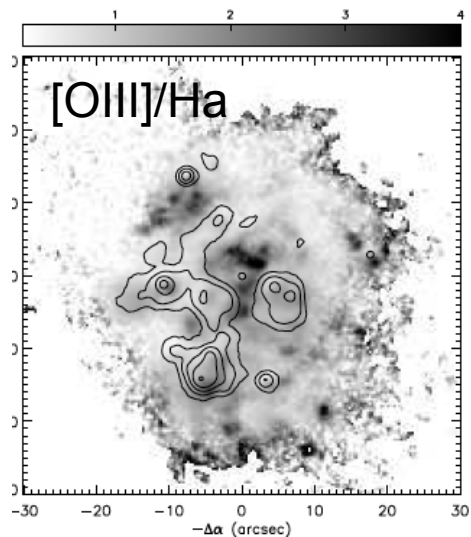
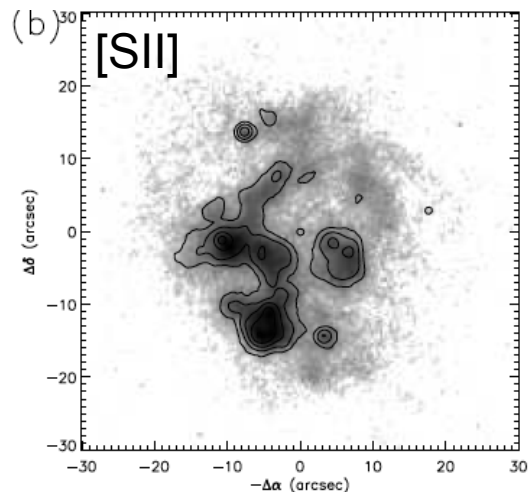
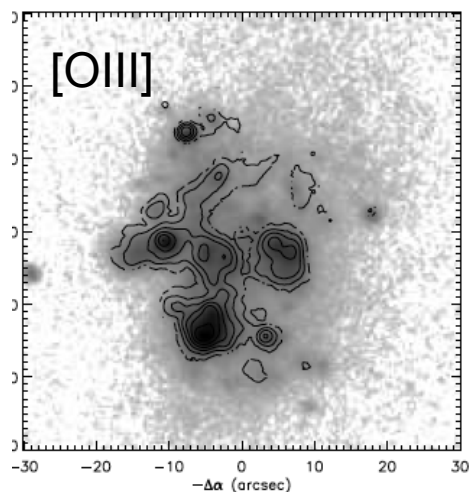
$k=0$



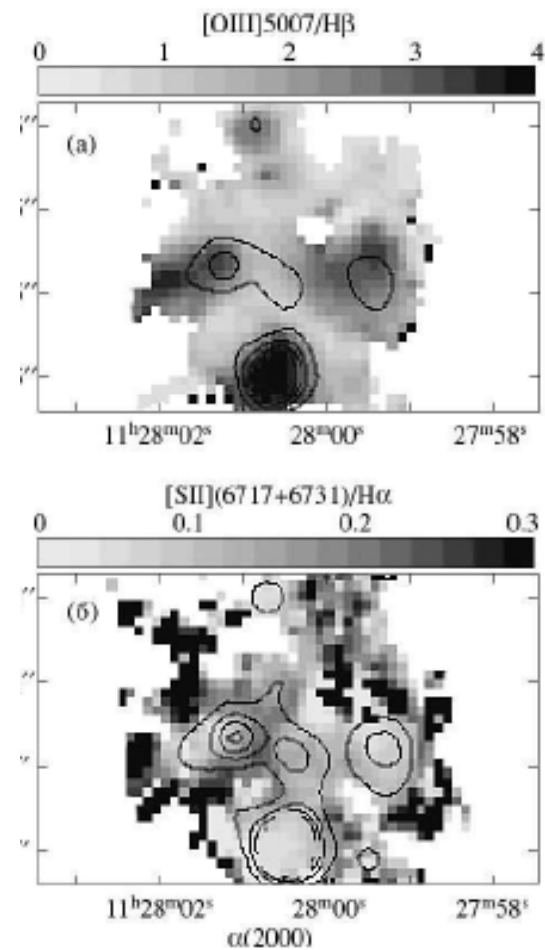
$k=1.03$



Тяжелый случай: яркий континуум (VIIZw403)



Проверка по MPFS

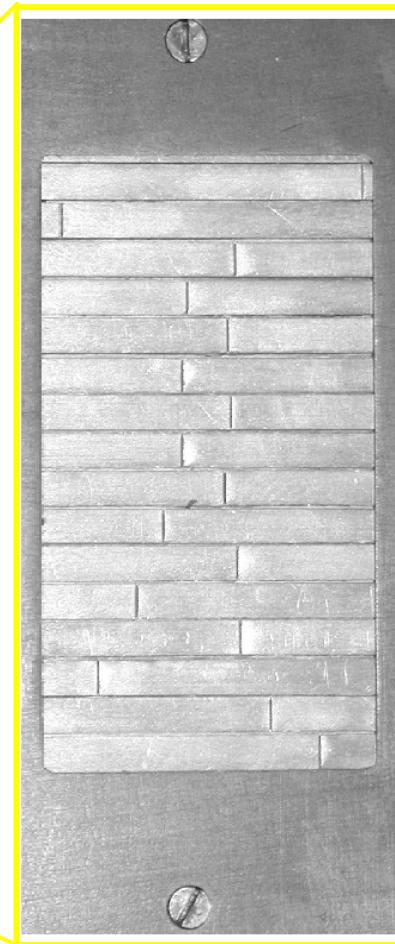
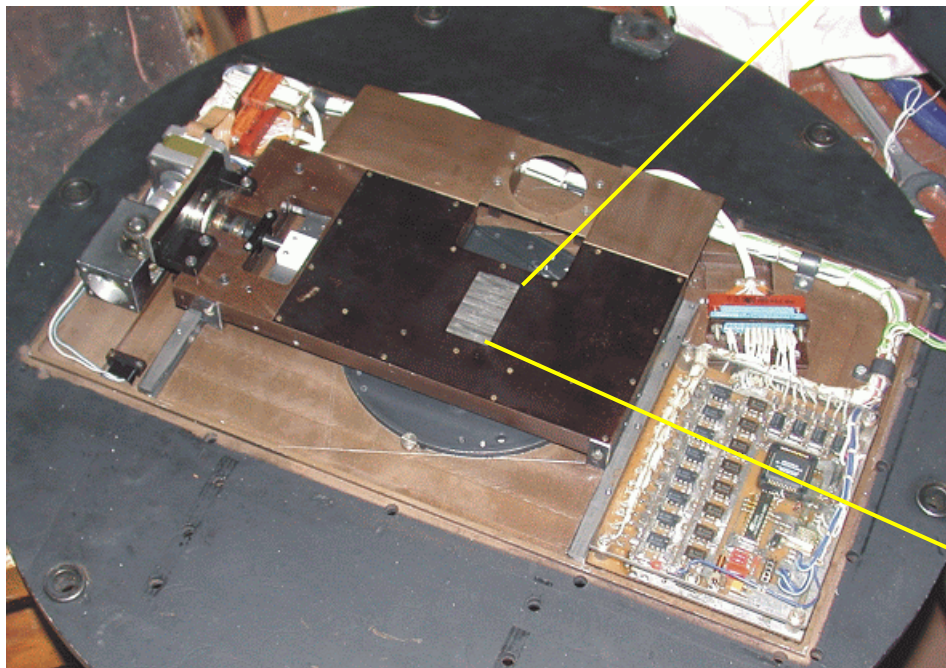


Arhipova + 07

Lozinskaya + 06

SCORPIO: multislit

количество щелей : 16
высота каждой щели: 15"
полное поле зрения : 2.6' x 5.3'
точность расстановки щелей: 0.2"
время расстановки : ~5 минут



Multislit: results

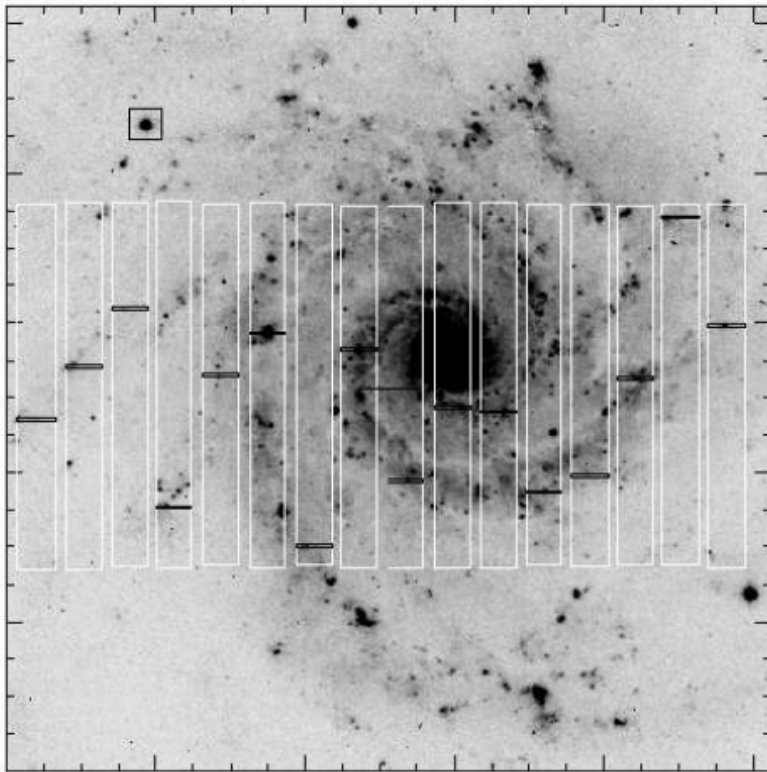
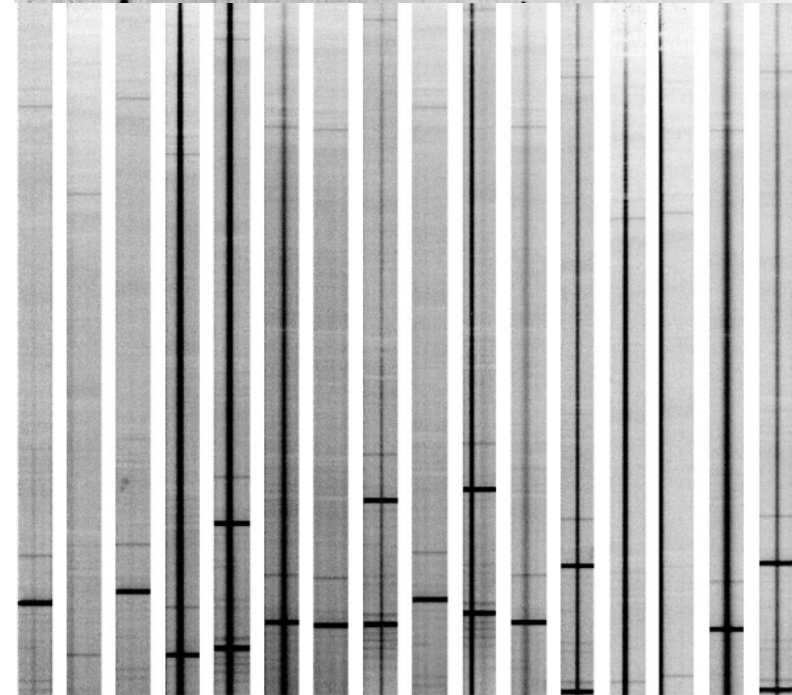
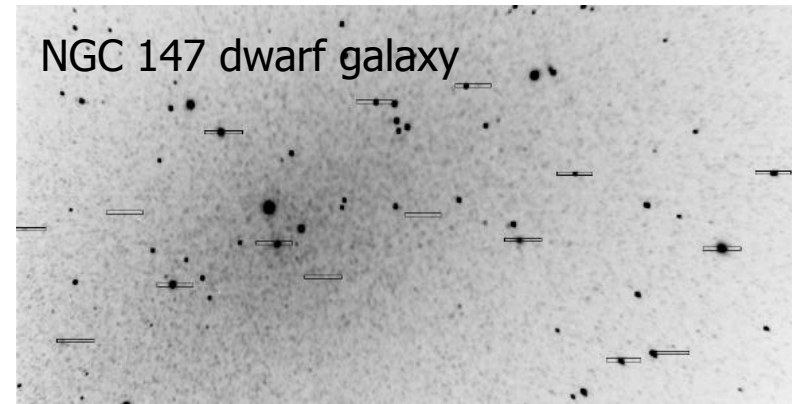


Figure 1. Disposition of 16 slits (black small horizontal rectangles) for NGC 628. North is upward and east is to the left ($P.A._{slits} = 90^\circ$). The size



Gusev et al (2012):
[O/Z], [N/Z] for 63 HII regions in six spiral galaxies

"Ages, metallicities and $[\alpha/Fe]$ ratios of globular clusters in NGC 147, 185 and 205" (Sharina, Afanasiev & Puzia_006)

Выбор конфигурации заранее

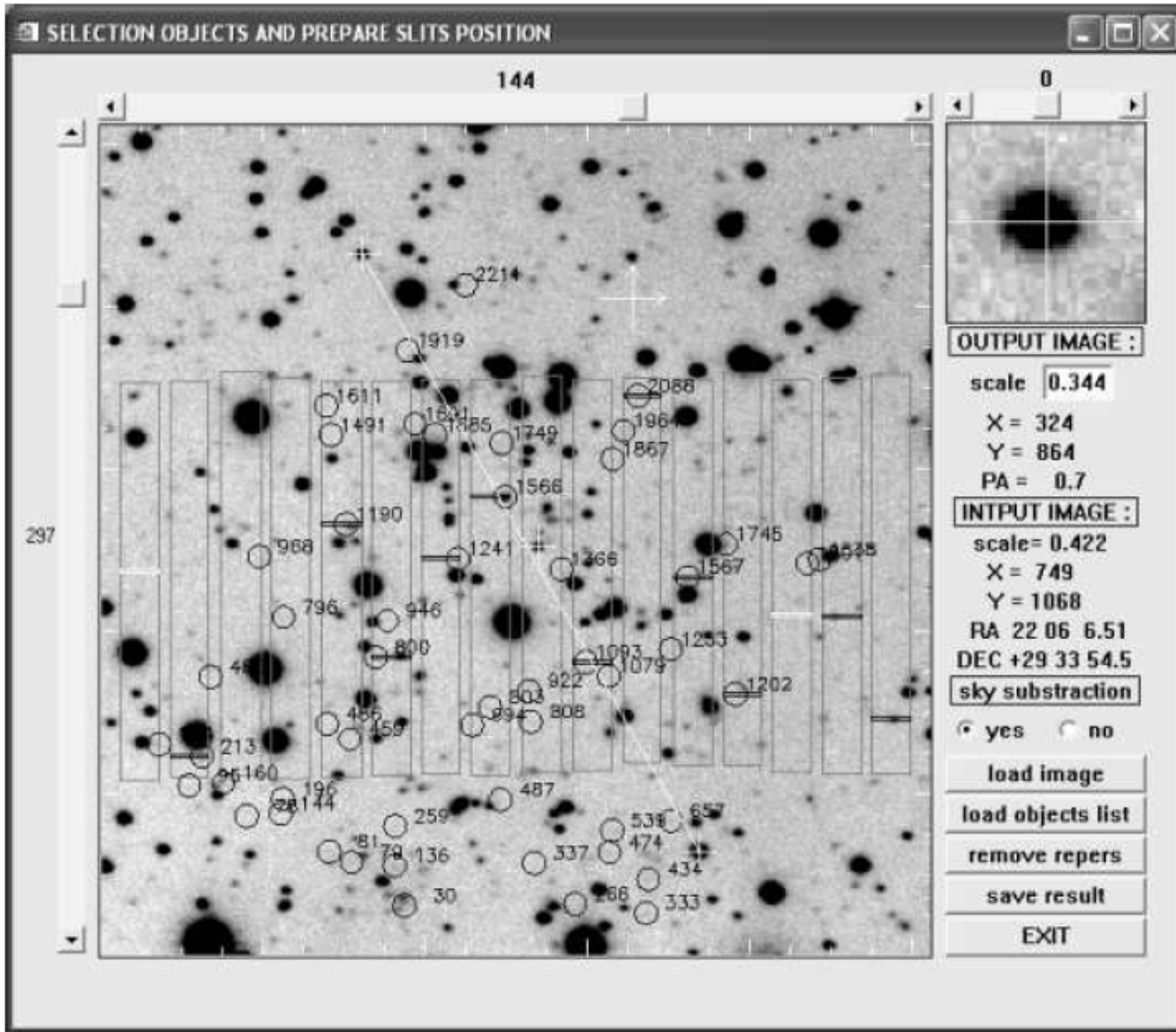
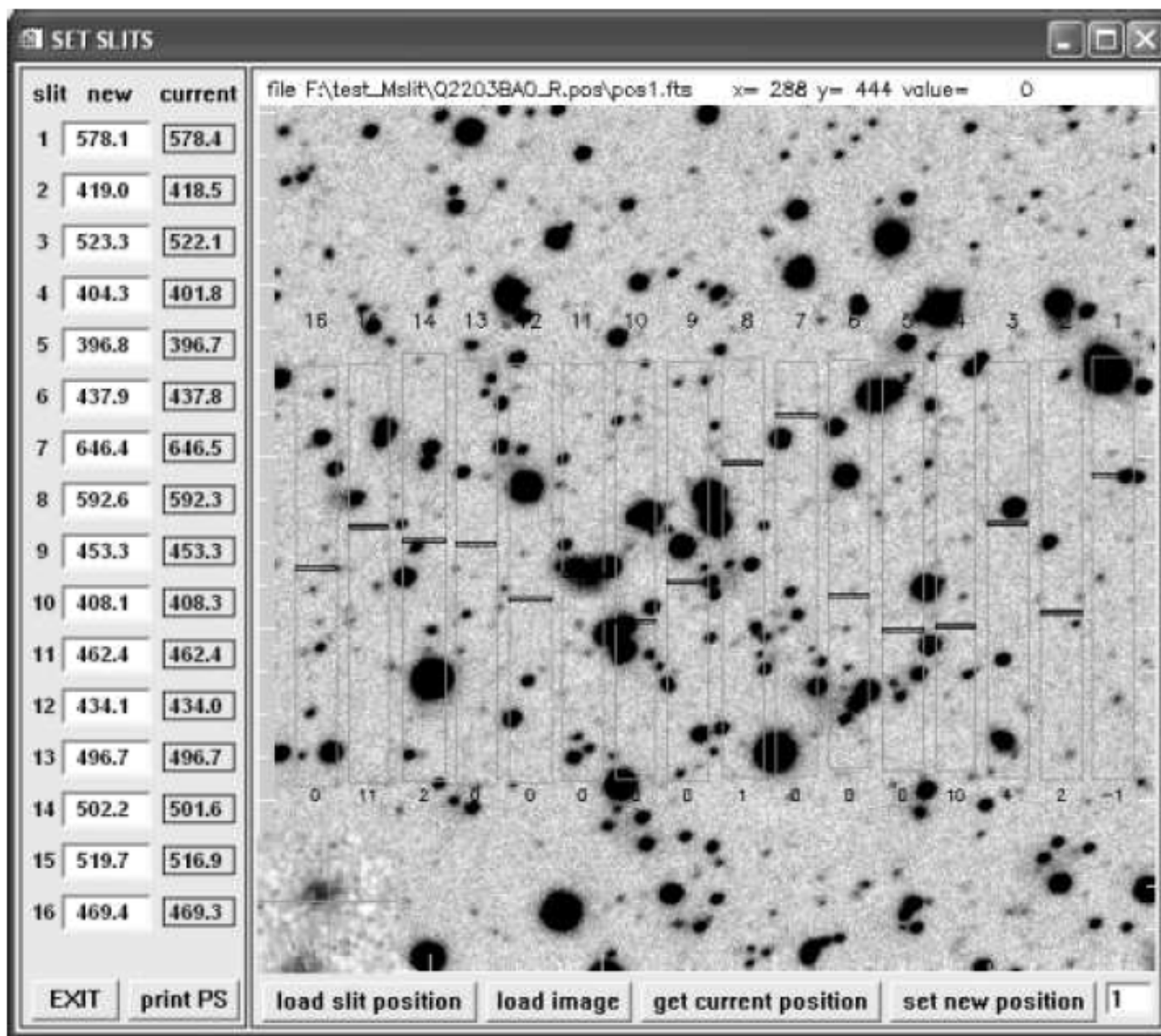


Рис. 22: Меню программы выбора объектов и определения координат щелей

Расстановка щелей в полуавтоматическом режиме



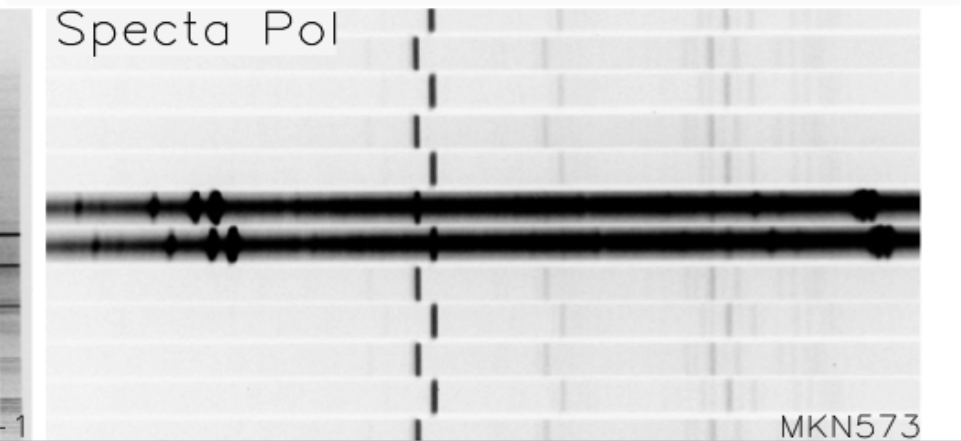
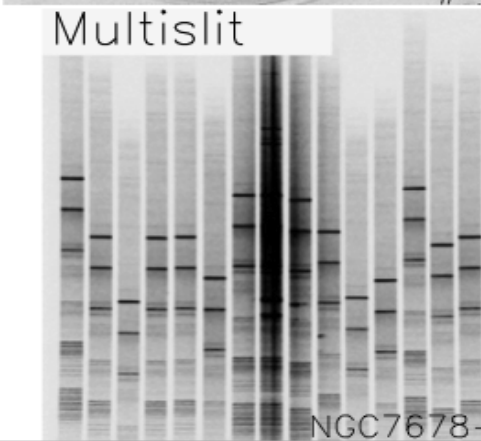
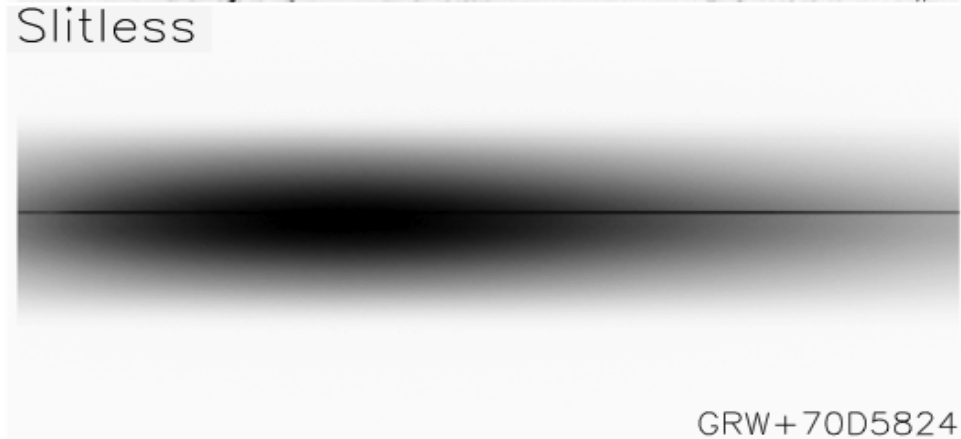
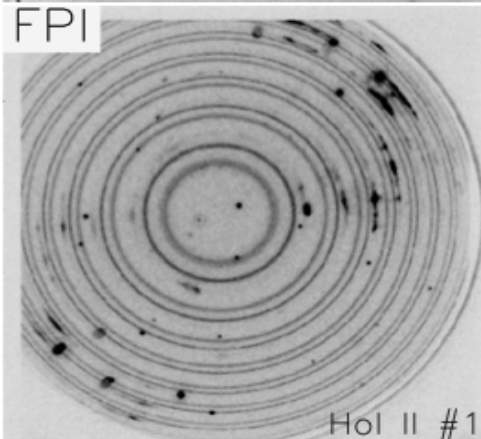
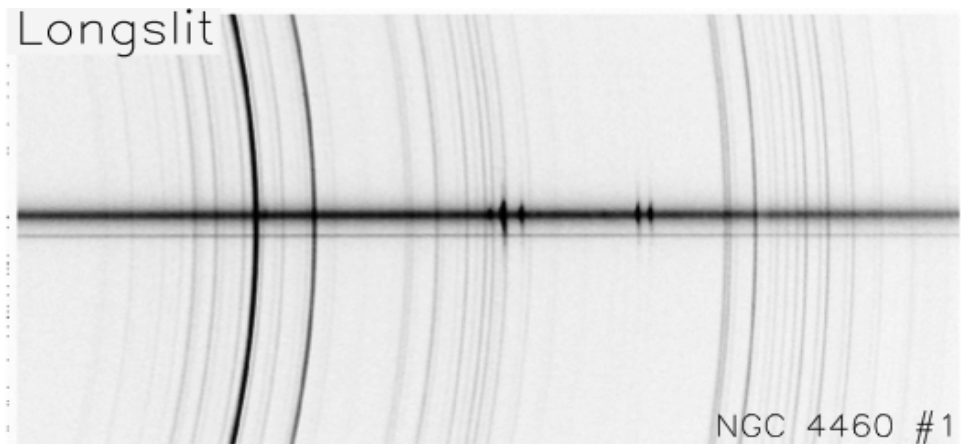
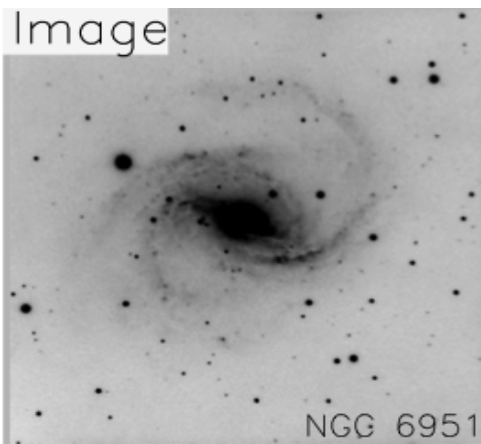
Проверка положения-
снимок щелей с неон

3-4 итерации

Особенности SCORPIO/multislit:

- Направление дисперсии – перпендикулярно к случаю длинной щели (приходится разворачивать гризмы в оправе)
- Сокращение общего спектрального диапазона из-за смещений щелей от центра





Вместо заключения ко всему курсу

НЕ НАДО ЭКОНОМИТЬ НА КАЛИБРОВКАХ!

ЛЮБОЙ ПРИБОР НЕОБХОДИМО ИССЛЕДОВАТЬ!

ЧИТАТЬ РУКОВОДСТВА,
ПИСАТЬ РУКОВОДСТВА!