

# АРХИВЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ КраО. КАТАЛОГИ ОБЪЕКТОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ

Акметдинов Р.Р.<sup>1</sup>, Горбунов М.А.<sup>2</sup>, Шляпников А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

<sup>2</sup>ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН»

## Абстракт

Работа, описанная в данном постере, является продолжением ранее начатых исследований по архивным спектральным наблюдениям, выполненным в Крыму. Она охватывает интервал времени около 90 лет и содержит информацию о спектроскопии с использованием от широкоугольных астрографов с объективной призмой до главного телескопа КраО - ЗТШ. Рассмотрена краткая история инструментов, их оборудование. Постер проиллюстрирован возможностями сетевого доступа к каталогам наблюдений на различных инструментах в интерактивном атласе неба Aladin с преадресацией к оригинальным спектрограммам. Для них выполнено преобразование линейных координат отсканированных негативов в шкалу, соответствующую длинам волн. Показаны возможности учёта спектральной чувствительности регистрируемых изображений по абсолютному распределению энергии. Особенностью представляемой работы является связь оцифрованных оригинальных наблюдений и результатов их независимой обработки с данными, опубликованными для объектов в "Известиях Крымской астрофизической обсерватории".

## 1. Введение

Обширный архив спектральных наблюдений накоплен за более чем вековую историю астрономических наблюдений в Крымской астрофизической обсерватории (КраО). Он включает в себя, как фотопластины и фотоплёнки, полученные на астрографах с объективной призмой и на телескопах с различными спектрографами, так и фотоэлектрические, телевизионные и ПЗС записи (Полосухина и др. 1998; Горбунов, Шляпников 2013; Пакуляк и др. 2014).

Для большей части архивов составлено описание и подготовлены списки наблюдений и каталоги объектов в цифровом формате. Некоторые из них размещены на сервере КраО и доступны в сетевом режиме. В данной работе собраны некоторые рекомендации по использованию спектральных архивов обсерватории.

## 2. Краткое описание архивов

### 2.1. Спектроскопия с объективной призмой<sup>1</sup>

Коллекция спектральных наблюдений, выполненных с объективной призмой, состоит из трех частей, что обусловлено инструментами, на которых были получены негативы. В таблице 1 приведены основные характеристики астрографов и дисперсия для оцифрованных спектрограмм.

Название спектрографа	Диаметр объектива (мм)	Фокусное расстояние (мм)	Дисперсия у линии H <sub>γ</sub> (Å/pix)
Унар (Unar)	117	600	1.5
Догмар (Dogmar)	167	750	1.4
400-мм	400	1600	1.5



СОПКА содержит около 1000 спектральных пластин, полученных на астрографах с объективами «Унар», «Догмар» и 400-мм (рис. 1) в период с 1929 по 1965 годы. Большую часть коллекции составляют негативы с наблюдениями, выполненными по «Плану академика Г.А. Шайна»<sup>2</sup>, организованному для изучения структуры Галактики в 1950-1965 годах (Проник, 2005). По результатам реализации этого проекта было составлено 13 каталогов, содержащих около 35 тысяч звезд, с определёнными фотометрическими и спектральными характеристиками (Горбунов, Шляпников, 2017а; Горбунов, Шляпников, 2017б).

Рисунок 2 иллюстрирует покрытие небесной сферы фотографиями пластинами из коллекции СОПКА. В основном, негативы получены вдоль Млечного пути

Рис. 1. Двойной 400-мм астрограф КраО, использованный при реализации «Плана академика Г.А. Шайна». В передней части одного из телескопов укреплялась объективная призма, в результате чего в фокальной плоскости астрографа получались изображения спектров звезд (см. рис. 3). Второй астрограф применялся для регистрации прямых изображений. Комбинация эмульсий позволяла проводить фотометрию в трёх полосах.

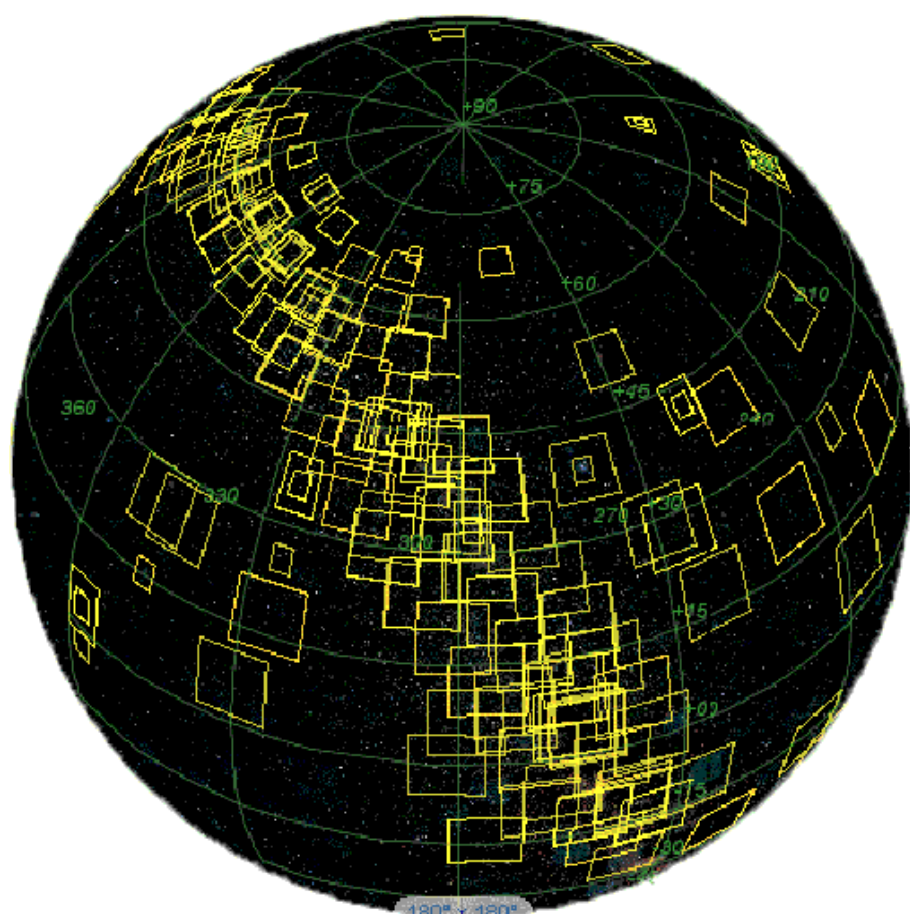


Рис. 2. Распределение СОПКА на небесной сфере.

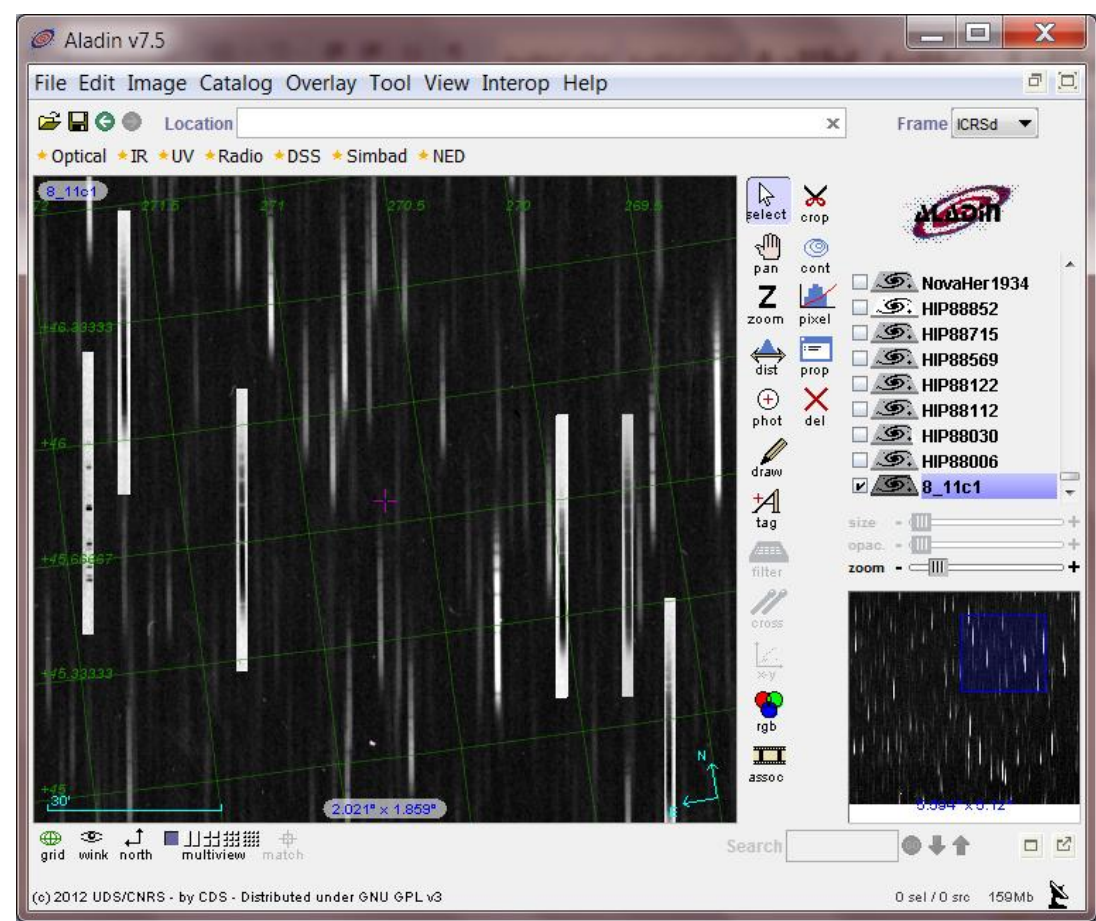


Рис. 3. Фрагмент полноформатного изображения (позитив), с выделенными объектами (негатив) для последующей обработки.

На рисунке 3 приведен фрагмент негатива из архива СОПКА, снятого с объективной призмой, и загруженного в интерактивный атлас неба Aladin (Боннарель и др., 2000). Выделены спектры, описанные в разделе 3.2.

### 2.2. Спектроскопия с щелевыми спектрографами. Краткое описание инструментов

#### 2.2.1. 40-дюймовый рефлектор фирмы "Goward Grubb"



40-дюймовый (1000-мм) телескоп (рис. 4) для Симеизского, тогдашнего отделения Главной Пулковской обсерватории, был заказан в 1912 году английской фирме "Goward Grubb". Сначала Первая мировая война, а затем последовавшие за ней события в Российской империи, задержали доставку телескопа в Крым на 13 лет. Монтаж телескопа был начат в октябре 1925 года, а 28 мая 1926 года на нём был получен первый снимок. Телескоп имел фокус Ньютона – 5200-мм и фокус Кассегрена – 18600-мм. В последствие, 40-дюймовый рефлектор был оснащён большим однопризмным спектрографом с термостатом и двумя камерами, имеющими разное фокусное расстояние, кварцевым спектрографом для ньютоновского фокуса и кассетой для прямых снимков (Шайн, 1926; Крючков и др., 2009).

Основной программой исследований на Симеизском 1000-мм рефлекторе стало наблюдение двойных звезд и определение лучевых скоростей звезд (Шайн, 1929; Шайн, Альбитский, 1932).

Телескоп был вывезен в Германию во время Второй мировой войны, после Победы обнаружен, но оказался непригодным для восстановления.

Рис. 4. 40" рефлектор.

#### 2.2.2. 48-дюймовый (1220-мм) рефлектор фирмы Цейса (Zeiss-50")<sup>5</sup>



48-дюймовый (1220-мм) телескоп (рис. 5) был изготовлен немецкой фирмой Карл Цейс для Берлинско-Бабельбергской обсерватории в начале XX века. Из-за Первой мировой войны и последовавшего за ней мирового кризиса телескоп начал свои регулярные наблюдения только в 1924г. 48-дюймовый рефлектор оставался крупнейшим телескопом Европы в течение 20 лет (с 1924 по 1944г). После Второй мировой войны телескоп был перемещен в Крымскую астрофизическую обсерваторию, взамен разрушенного метрового телескопа Симеизской обсерватории.

Телескоп имеет систему Кассегрена-Нэсмита с эквивалентным фокусным расстоянием 24000 мм. Был снабжен тремя спектрографами: большим «стеклянным», кварцевым и дифракционным АСП-11. Последний спектрограф, работавший и в сочетании с электронно-оптическим преобразователем ФКТ-1А.

Детальная информация об исследовании 48" телескопа приведена в статье И.М. Копылова (1954), а история инструмента описана К.Н. Гранкиным (2013). Астрономические исследования на телескопе, выполнявшиеся в КраО, представлены в статьях А.А. Боярчука (2013) и Т.М. Рачковской (2013).

Рис. 5. 48" рефлектор.

Вторая часть 109 тома «Известий КраО» содержит материалы международной конференции «Телескоп Zeiss-50»: первые сто лет на службе астрономии, которая прошла в обсерватории в 2012 г.

### 2.2.3. 2600-мм телескоп имени академика Г.А. Шайна (ЗТШ)



Телескоп был построен в 1961 году Ленинградским Оптико-Механическим Объединением (ЛОМО) и назван в честь академика Г.А. Шайна. ЗТШ – крупнейший оптический телескоп КраО. Инструмент имеет четыре оптические схемы, в которых было установлено следующее оборудование. Прямой фокус - 9965 мм бесщелевые спектрографы: СП-79, СП-80 и СП-110. Система Кассегрена - 42500 мм дифракционный ПЗС спектрометр. Система Нэсмита - 40750 мм. Спектрографы: СП-72, СПЭМ с ЭОПом и ПЗС. Система куде (прямой фокус) - 104250 мм. Спектрографы: АСП-14, дифракционный ПЗС спектрометр, звездный спектрограф с эшелле.

Спектральный архив ЗТШ за период с 1964 по 2000 годы содержит информацию о 378 объектах наблюдавшихся фотографическим способом (приблизительно по 3000 записей для прямых снимков и для регистрации с ЭОПом), и о 845 объектах, спектры которых были получены с ПЗС детекторами (около 50000 изображений). На рис. 9 фотографиями наблюдения обозначены желтыми маркерами, а ПЗС – красными окружностями.

Рис. 6. Телескоп ЗТШ.

### 2.2.4. Архивы наблюдений и базы данных

Спектральные фотографические архивы наблюдений, выполненных на трёх, описанных выше телескопах содержатся в стеклянной библиотеке КраО. В основе баз данных лежат журналы наблюдений и публикации результатов их обработки.

База данных спектроскопии на Симеизском 1-м телескопе содержит более 3000 записей. На основе неё создан *ajs*<sup>3</sup> файл<sup>4</sup>, в который вошли 491 объект, обеспечивающий доступ к информации о звездах с помощью программы Aladin (рис. 7).

В 2013 году А.А. Шляпниковым была опубликована статья «Небо пятидесятки»: каталог и библиография объектов, наблюдавшихся на Zeiss 50". Обновляемая версия. В базе данных спектральных наблюдений 5570 записей. На основе неё для доступа в Aladin создан *ajs*<sup>6</sup> файл<sup>7</sup>, в который вошли 808 объектов (рис. 8).

База данных спектральных фотографических наблюдений на ЗТШ включает 1223 записи об объектах. Для доступа в Aladin создан *ajs*<sup>8</sup> файл<sup>9</sup> (рис. 9).

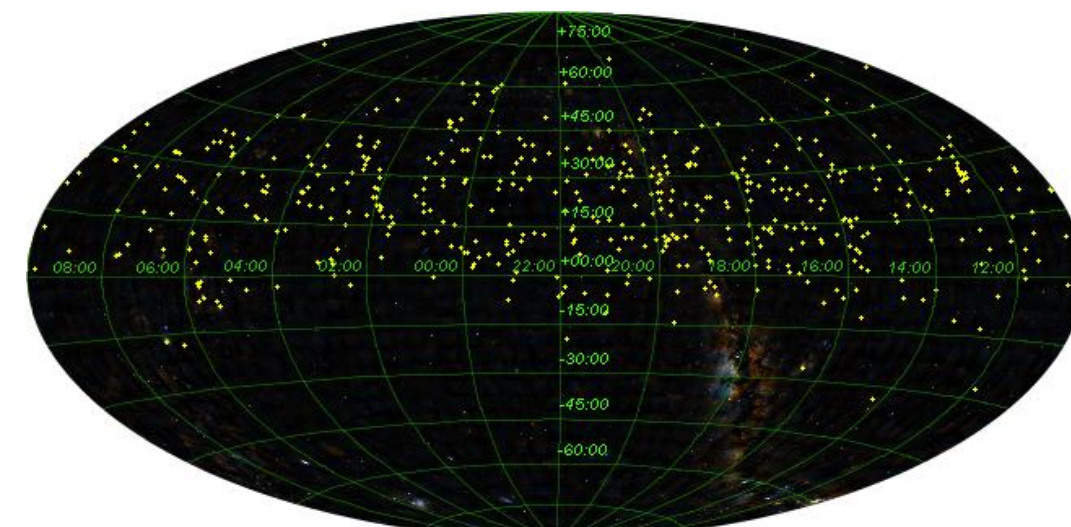


Рис. 7. Распределение на небесной сфере объектов, наблюдавшихся на 1000-мм телескопе.

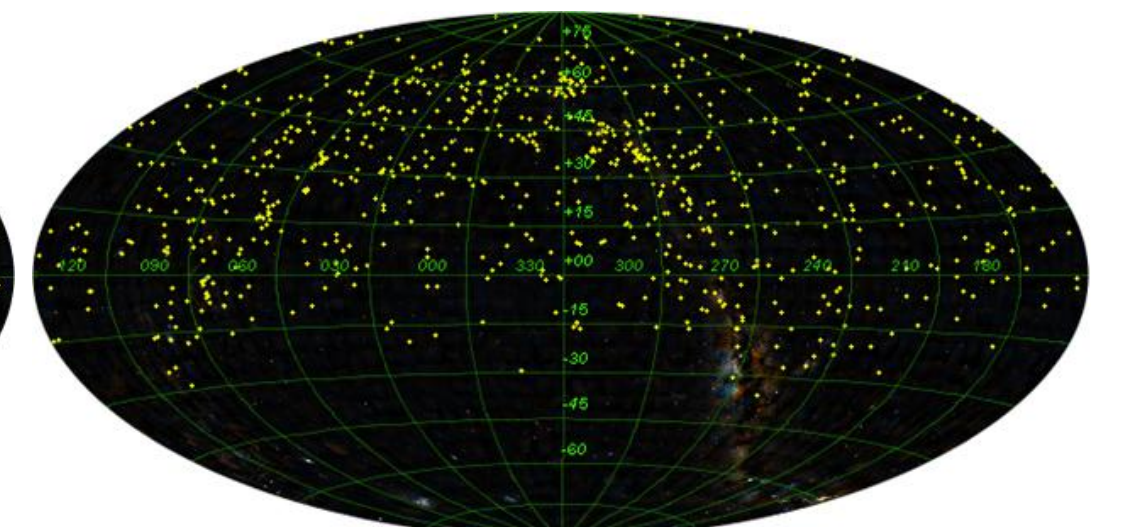


Рис. 8. Распределение на небесной сфере объектов 48" телескопа.

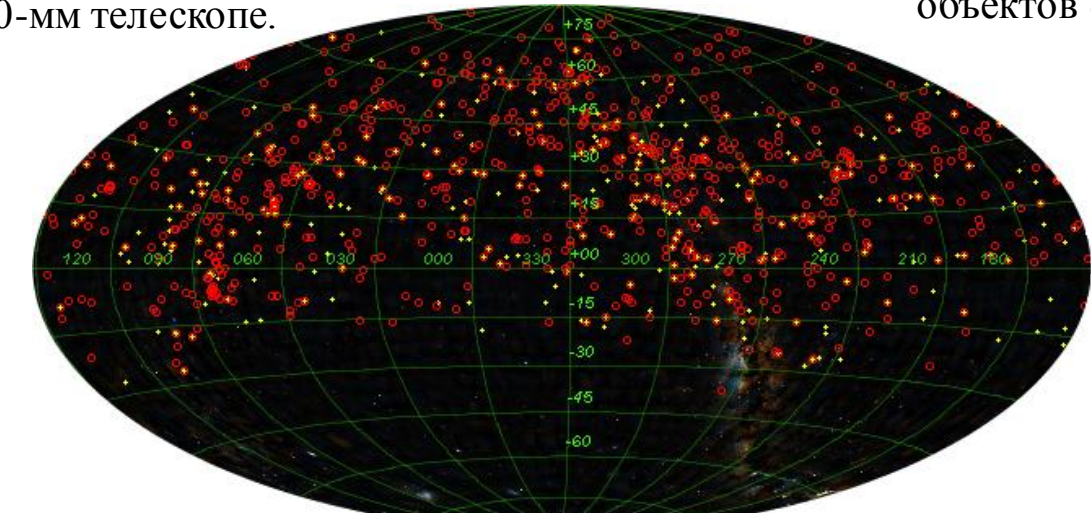


Рис. 9. Распределение на небе объектов ЗТШ (пояснения в тексте).

## 3. Калибровки и примеры цифровых версий спектров

### 3.1. Дисперсионные кривые и спектральная чувствительность

Калибровки по длинам волн цифровых версий наблюдений, выполненных с объективной призмой, производятся по наиболее характерным спектральным линиям. Для щелевых призмных спектрограмм – по спектру сравнения. Примеры таких дисперсионных кривых приведены на рисунках 10 и 11. Рисунок 12 иллюстрирует сравнение нормированных данных спектрофотометрического стандарта (чёрная линия) с данными, извлечёнными для объекта из оцифрованного негатива (красная линия). А рисунок 13 – определенную спектральную чувствительность изображения (по данным рис. 12) для дальнейшей редукции спектров, извлечённых из негативов, полученных с объективной призмой.

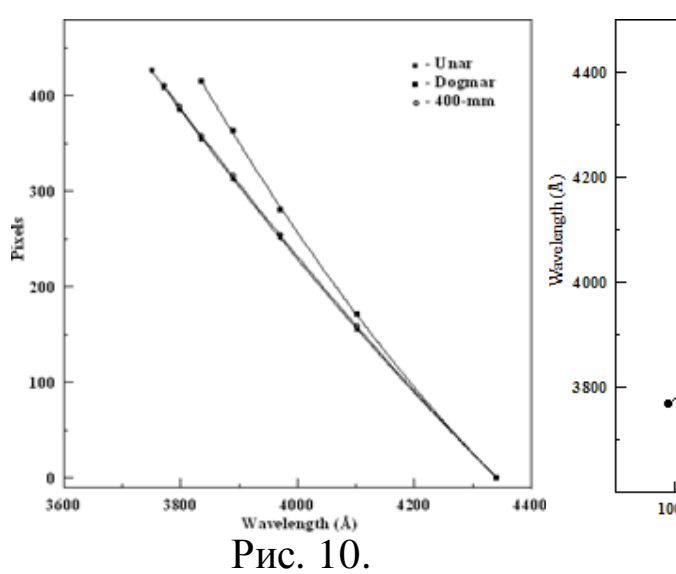


Рис. 10.

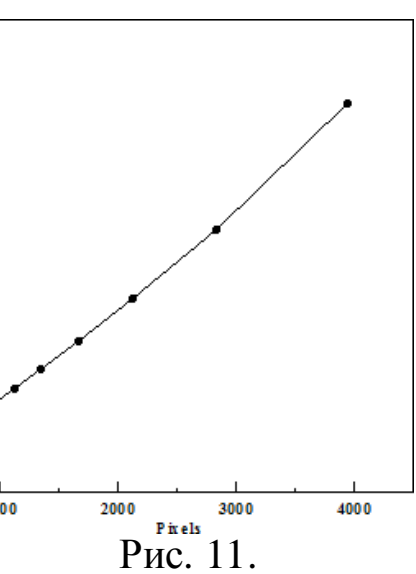


Рис. 11.

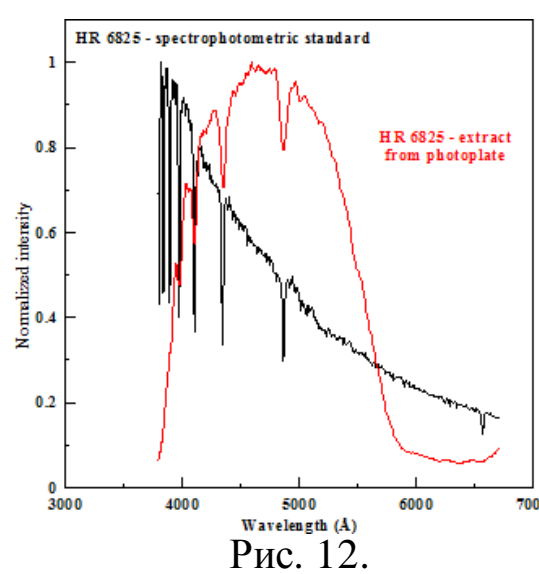


Рис. 12.

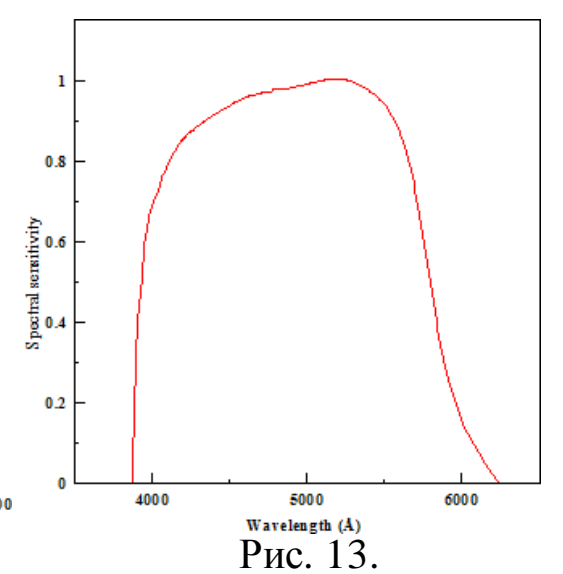
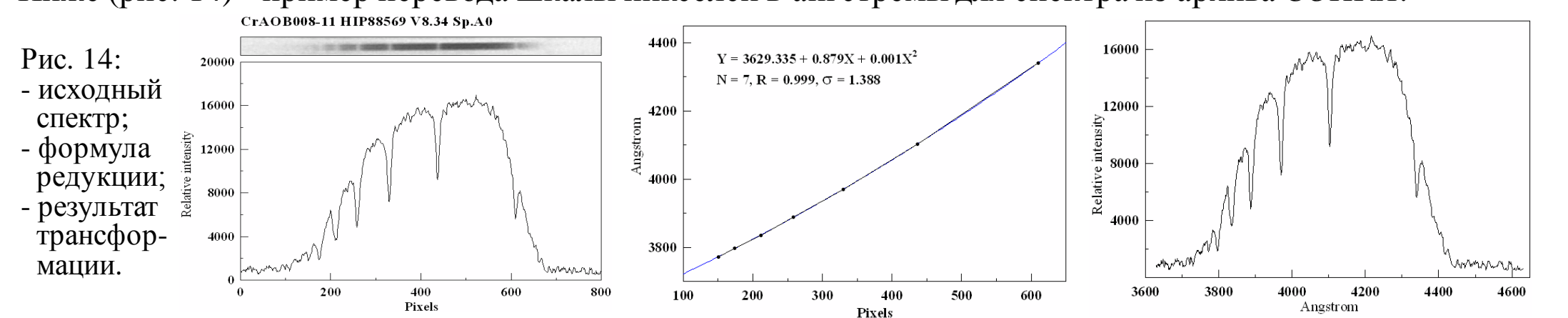
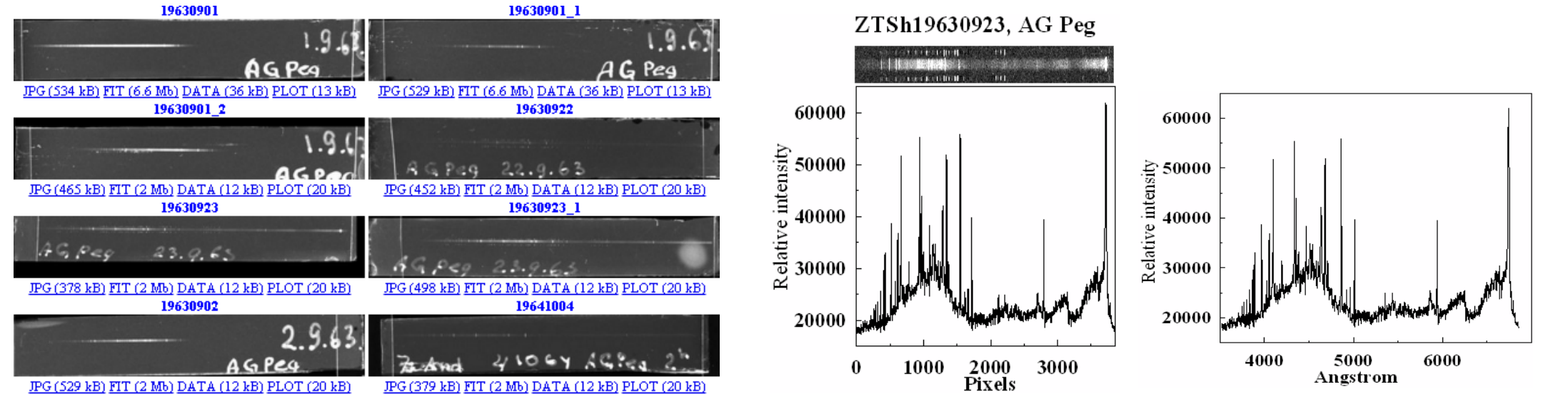


Рис. 13.

Ниже (рис. 14) – пример перевода шкалы пикселей в ангстремы для спектра из архива СОПКА.



На рис. 15 – фрагмент цифровых версий спектров из архива акад. А.А. Боярчука с примером редукции.



Данный архив и публикации авторов с результатами обработки спектрограмм использованы нами для отработки методики отождествлений спектральных линий и определения их параметров в приложениях Международной виртуальной обсерватории VOSpec и Specview.

Больше примеров цифровых версий фотографических спектральных архивов описано нами в статье «Examples of Digital Versions of the CRAO Spectral Photographic Archives» (Gorbunov, 2013).

## 4 Заключение

При выполнении работы описанной в постере продолжена каталогизация спектральных наблюдений КраО. Отработана процедура сканирования негативов на сканере Epson Perfection V370 Photo, их калибровка, написание HTML, VOTable и AJS файлов для on-line доступа к архивной информации.

При подготовке базы данных авторы активно пользовались поддерживаемыми Центром астрономических данных в Страсбурге приложения SIMBAD, VizieR и ALADIN, а также библиографическим сервисом SAO/NASA ADS. Мы признательны всем, кто обеспечивает их работу. Второй автор благодарит Российский фонд фундаментальных исследований за частичную поддержку проделанной работы за счёт гранта № 18-32-00775.

Литература (доступна на сайте проекта: [http://www.crao.ru/~aas/Spectral\\_Digital\\_Archives/CRAVO\\_SDA.html](http://www.crao.ru/~aas/Spectral_Digital_Archives/CRAVO_SDA.html)).

<sup>1</sup>Сокращения, используемые в ресурсе Крымской Астрономической Виртуальной Обсерватории (КраВО): «Спектроскопия с объективной Призмой. Коллекция Астрофотографов» (КраВО СОПКА), или английский вариант «Spectroscopy with Objective Prism» (CRAVO SOP).  
<sup>2</sup>«План академика Г.А. Шайна» на сервере КраО: <http://www.crao.ru/~aas/PROJECTS/SPPOSS/SPPOSS.html>.

<sup>3</sup>*ajs* – Aladin java script – скрипт для работы с Aladin.  
<sup>4</sup>ajs – Aladin java script – скрипт для работы с Aladin.

<sup>5</sup>1220-мм рефлектор в КраО часто называли «Пятидесяткой», округляя его 48 дюймов до 50.

<sup>6</sup>Доступ на сервере КраО: <http://www.crao.ru/~aas/INSTRUMENTS/40-inch/40-inch.html>.

<sup>7</sup>*ajs* – [www.crao.ru/~aas/CATALOGUES/S-2012/Cat/S-2012\\_AJS](http://www.crao.ru/~aas/CATALOGUES/S-2012/Cat/S-2012_AJS) (для загрузки в Aladin).

<sup>8</sup>Доступ на сервере КраО: <http://www.crao.ru/~aas/INSTRUMENTS/48-inch/48-inch.html>.

<sup>9</sup>*ajs* – [www.crao.ru/~aas/INSTRUMENTS/ZTSh/ZTSh\\_AJS](http://www.crao.ru/~aas/INSTRUMENTS/ZTSh/ZTSh_AJS) (для загрузки в Aladin).

<sup>10</sup>Доступ на сервере КраО: <http://www.crao.ru/~aas/INSTRUMENTS/ZTSh/ZTSh.html>.