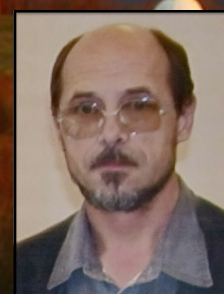
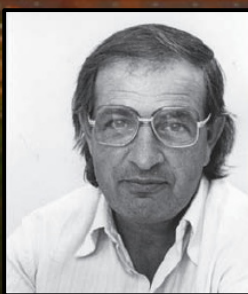
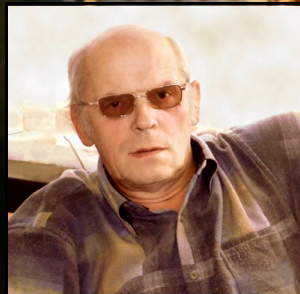


SCORPIO: люди, результаты, уроки

Алексей Моисеев, а также:

В.Р. Амирханян, С.Н. Додонов, Д.В. Опарин, А.Е. Перепелицын, Р.И. Уклеин, Н.А. Фоменко, Е.А. Герасименко, О.В. Егоров, Е.А. Иванов
В.И. Ардиланов, И.В. Афанасьева, Н.Г. Иващенко, С.В. В. А. Мурзин,
Е.И. Перепелицын и макетные мастерские CAO РАН



В.Л. Афанасьев

Э.Б. Гажур

С.Р. Желенков

А.Ф. Фоменко

В.И. Фатеев

С.В. Маркелов

А.Н. Борисенко

Редуктор светосилы БТА к началу 2000 г.

6 методов фотометрии/спектроскопии низкого разрешения
(ПЗС, MOFS, UAGS, ИФП, MPFS, СП-124)
До 9 сменных приборов в первичном фокусе



В. Власюк

Описание: (Додонов, Власюк, Драбек 1995)
От "Шанхая" к БТА, февраль 1998 г.



Е. Герасименко

А. Моисеев

Изначально – замена старого фокального редуктора

- Армяно-Российско-Китайский проект – редуктор фокуса для среднеполосной фотометрии на 2.6 м телескопе
- «Клон» для нужд CAO (то же F/4)
- Расчет оптики выполнен В.Л. Афанасьевым для режима фотометра, режим спектроскопии внесен позже в готовую схему.



С.Н. Додонов

Проект SCORPIO (техсовет, **осень 1999 г.**)

Научный руководитель – г.н.с. В.Л. Афанасьев (52)
Руководитель проекта - асп. 1 года А.В. Моисеев (23)

Межлабораторная рабочая группа (ЛСФВО, ОИ,
РАТАН)

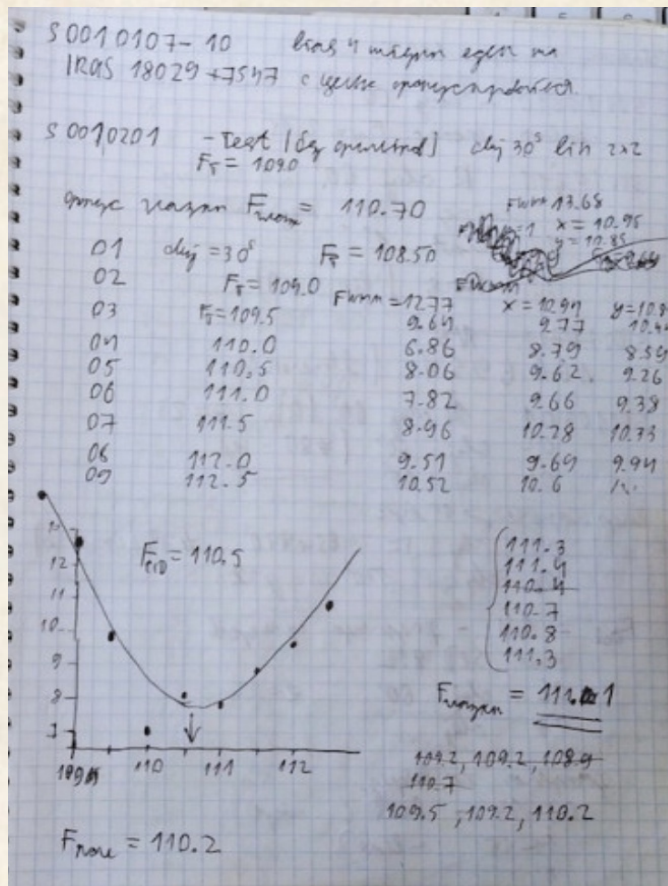
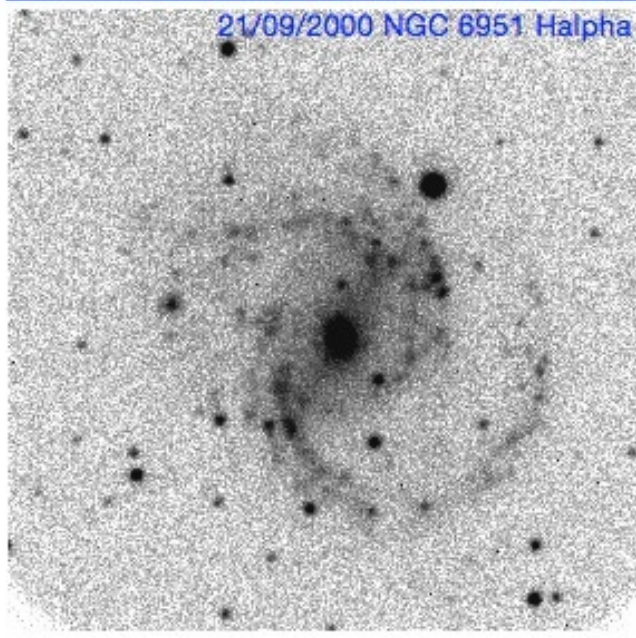
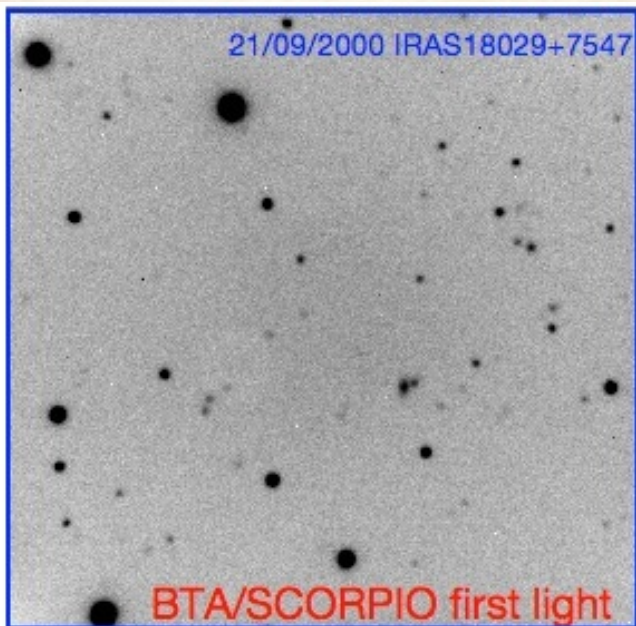
Первый свет на БТА – 21 сентября 2000 г.
Тогда же – испытания на Цейсс-1000



Т. Мовсесян

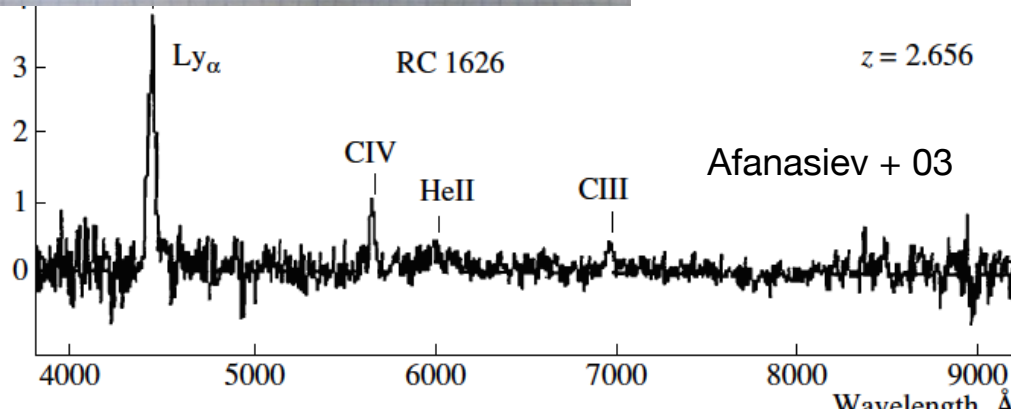
Бюракан, 2001

Первый свет на БТА – 21/09/2000



Хорошее качество звезд по полю, но спектры можно снимать только в центре поле зрения.

=> Спектроскопия звездобразных источников слабее 20 mag



Испытания на Ц-1000 с В.Р. Амирханяном и В.Н. Комаровой

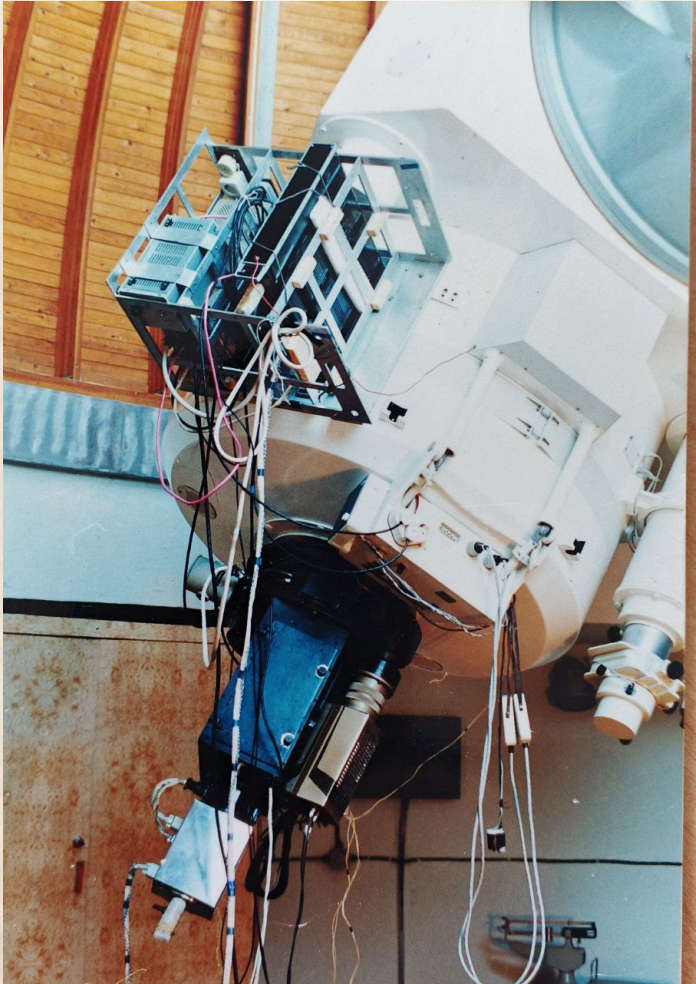
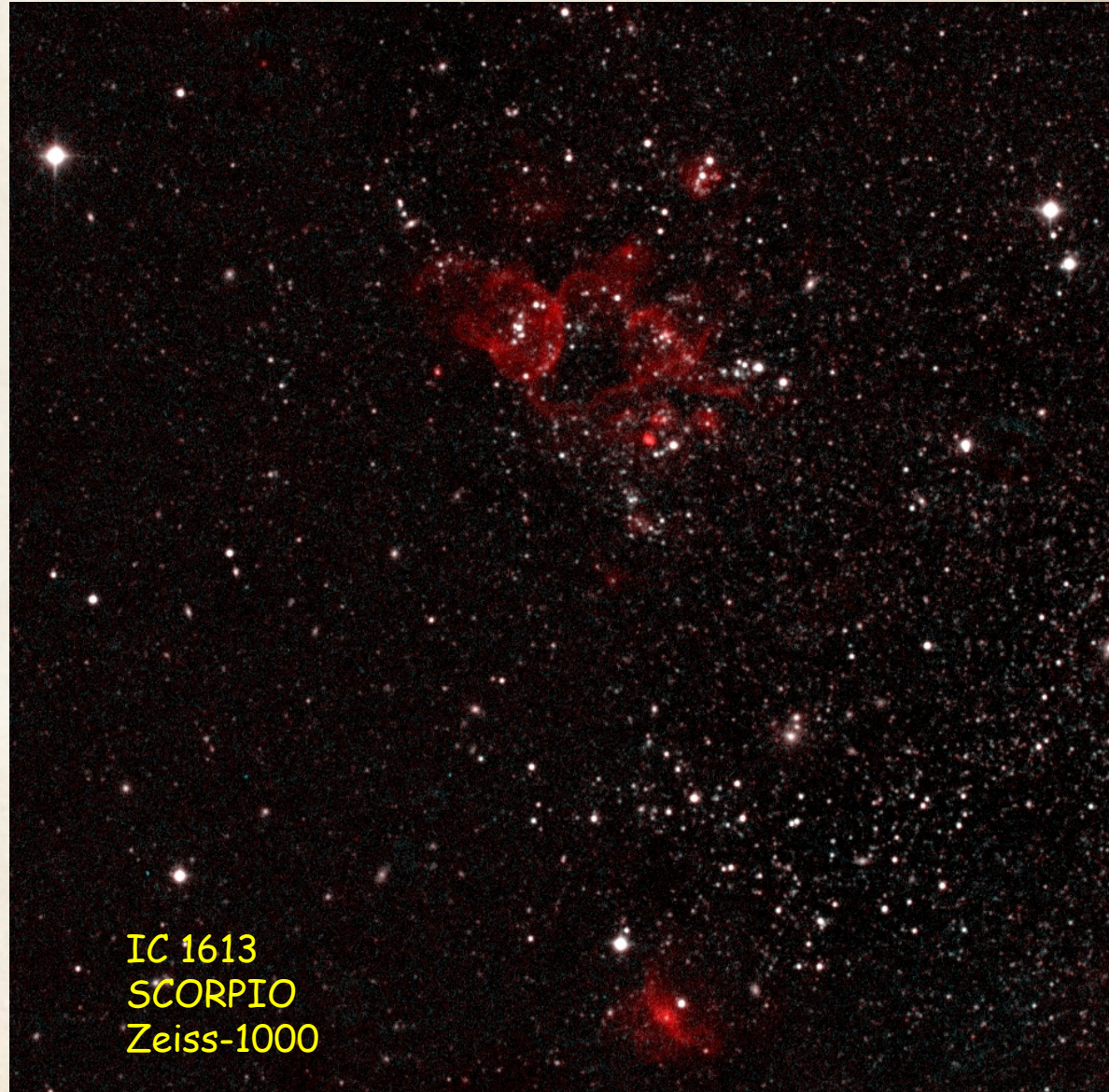


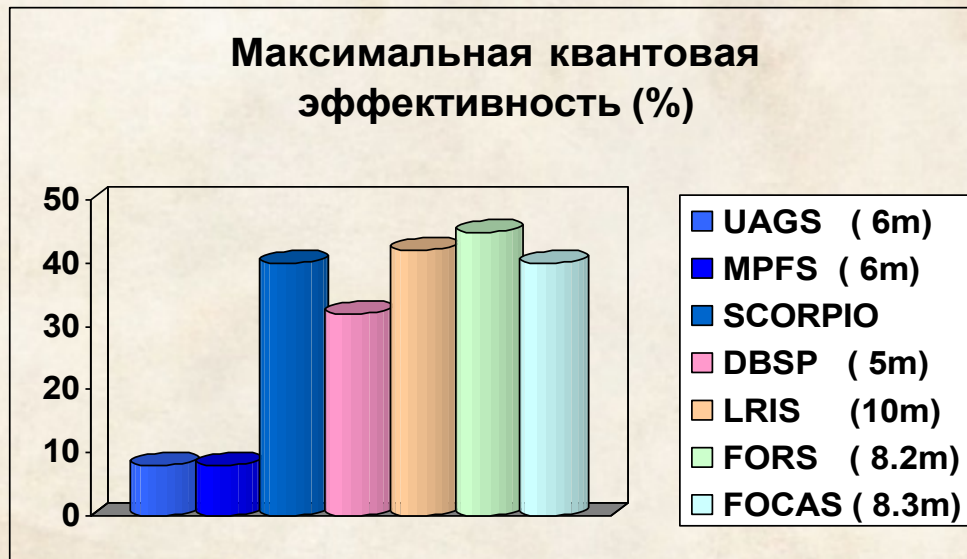
Фото В.П. Романенко



IC 1613
SCORPIO
Zeiss-1000

Что принципиально изменилось?

1) **Многokратный рост QE** в спектроскопии: чисто линзовая оптика, AR-покрытия, прозрачные VPH-решетки



2) Возможность быстро подстраивать режим под погоду

3) Наблюдение в среднеполосных фильтрах разной толщины (**переход в отометрии от звездообразных к протяженным объектам**)

2001 — 2005 гг.

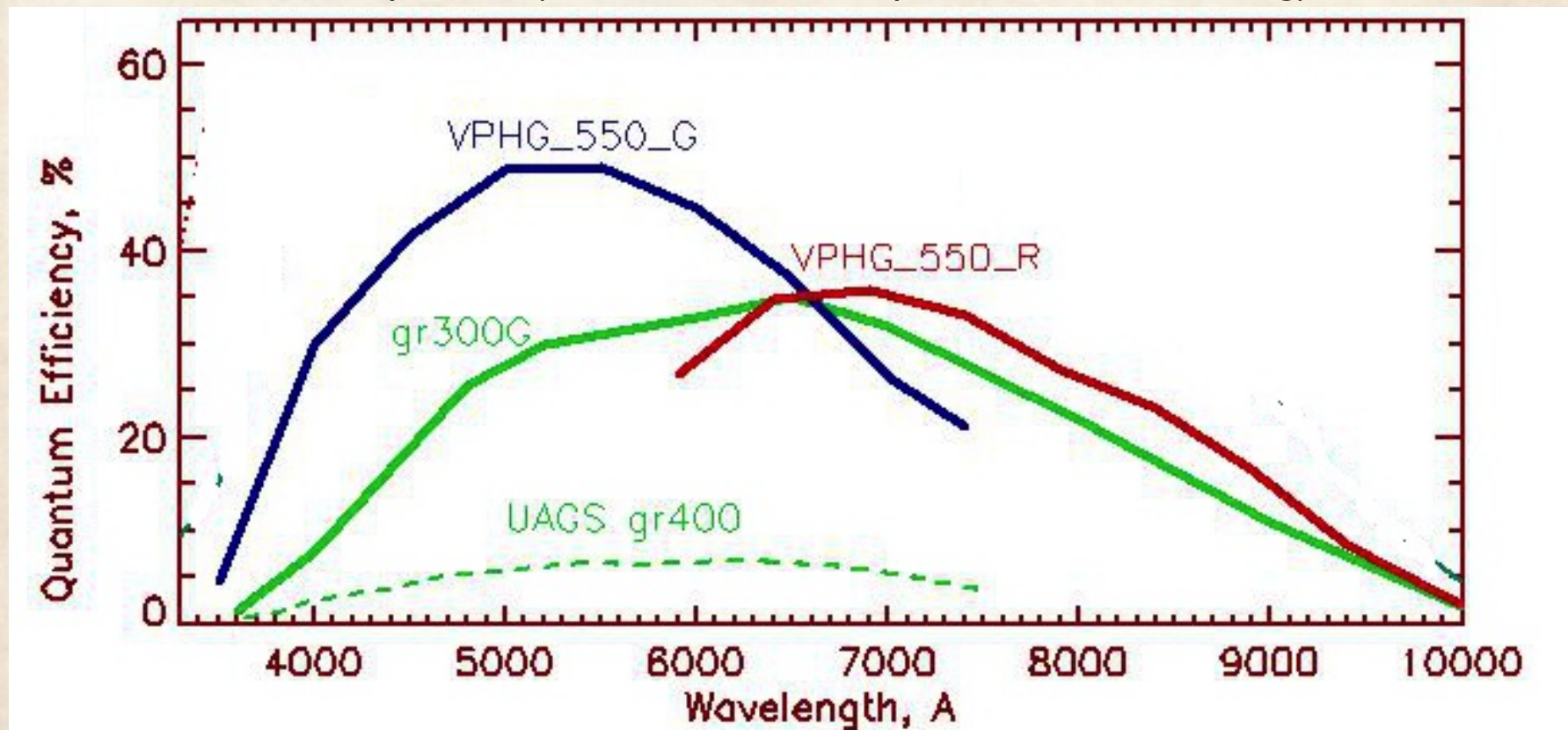
Изготовление многоцелевой приставки, поляризационного блока

Замена оптики – проблема остаточного астигматизма изображений, но значительно лучше спектральный режим

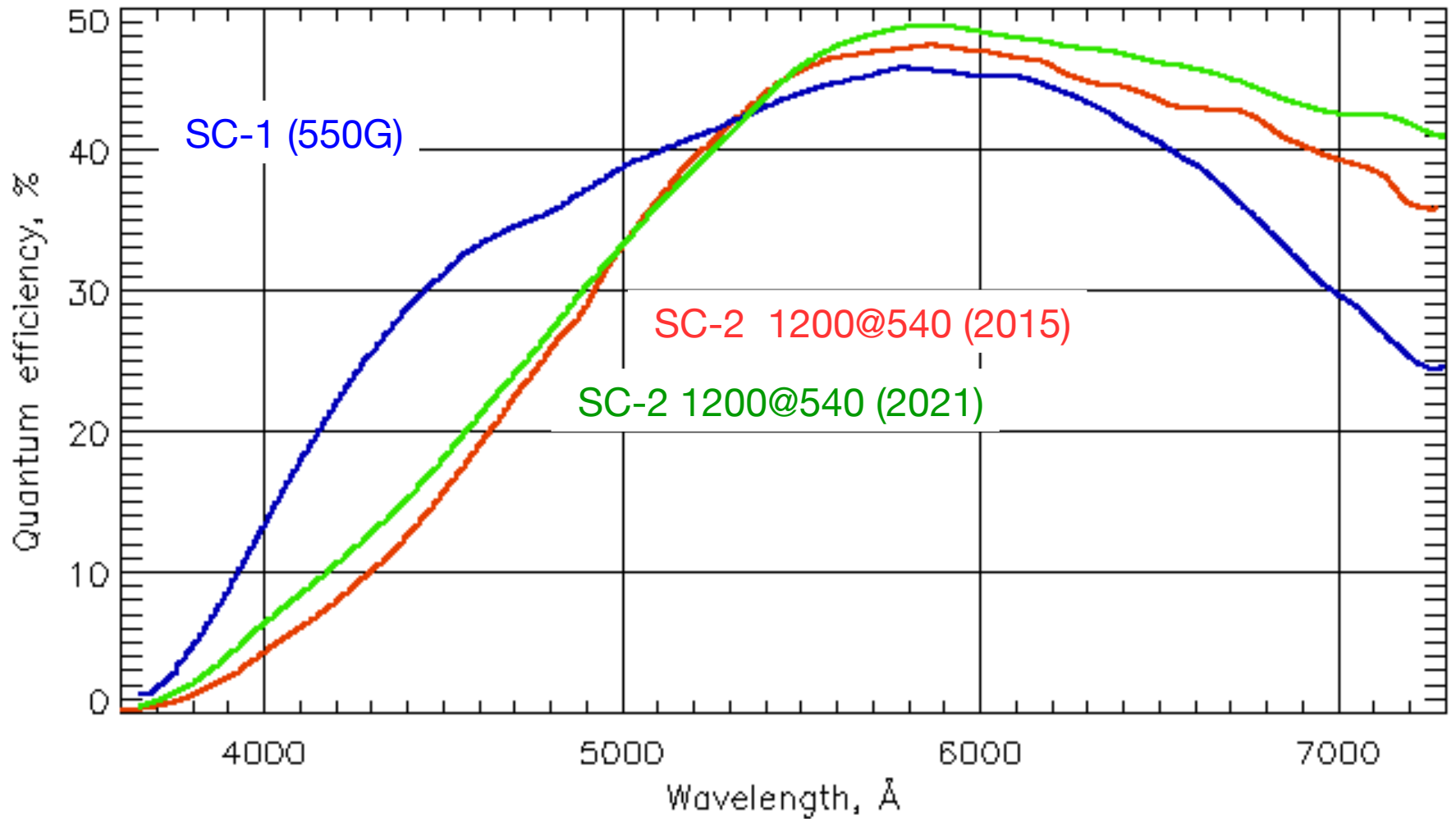
Принципиально выросла квантовая эффективность

Голографические решетки - идея и первый прототип привезены из Падуи (2001-2003), затем - приобретены за счет ИНАСАН

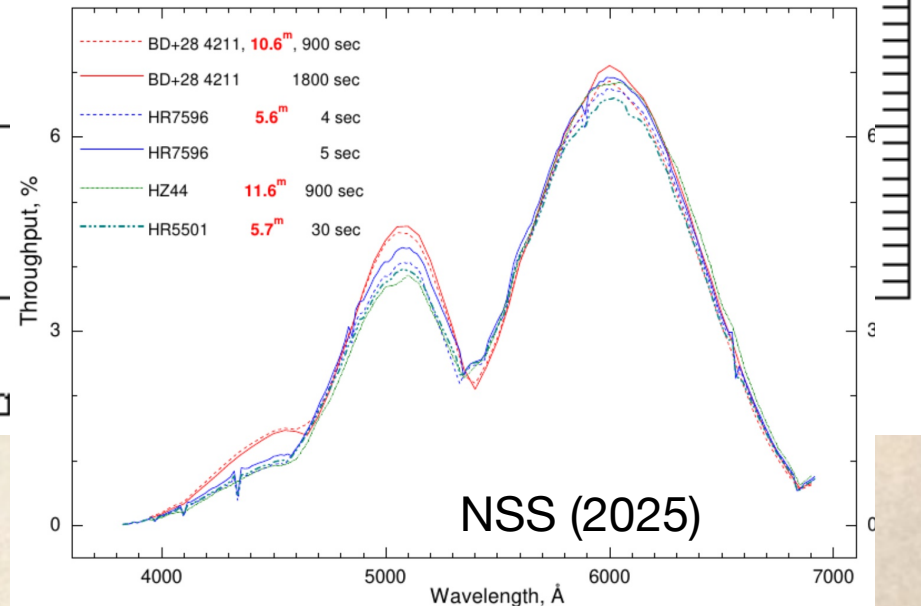
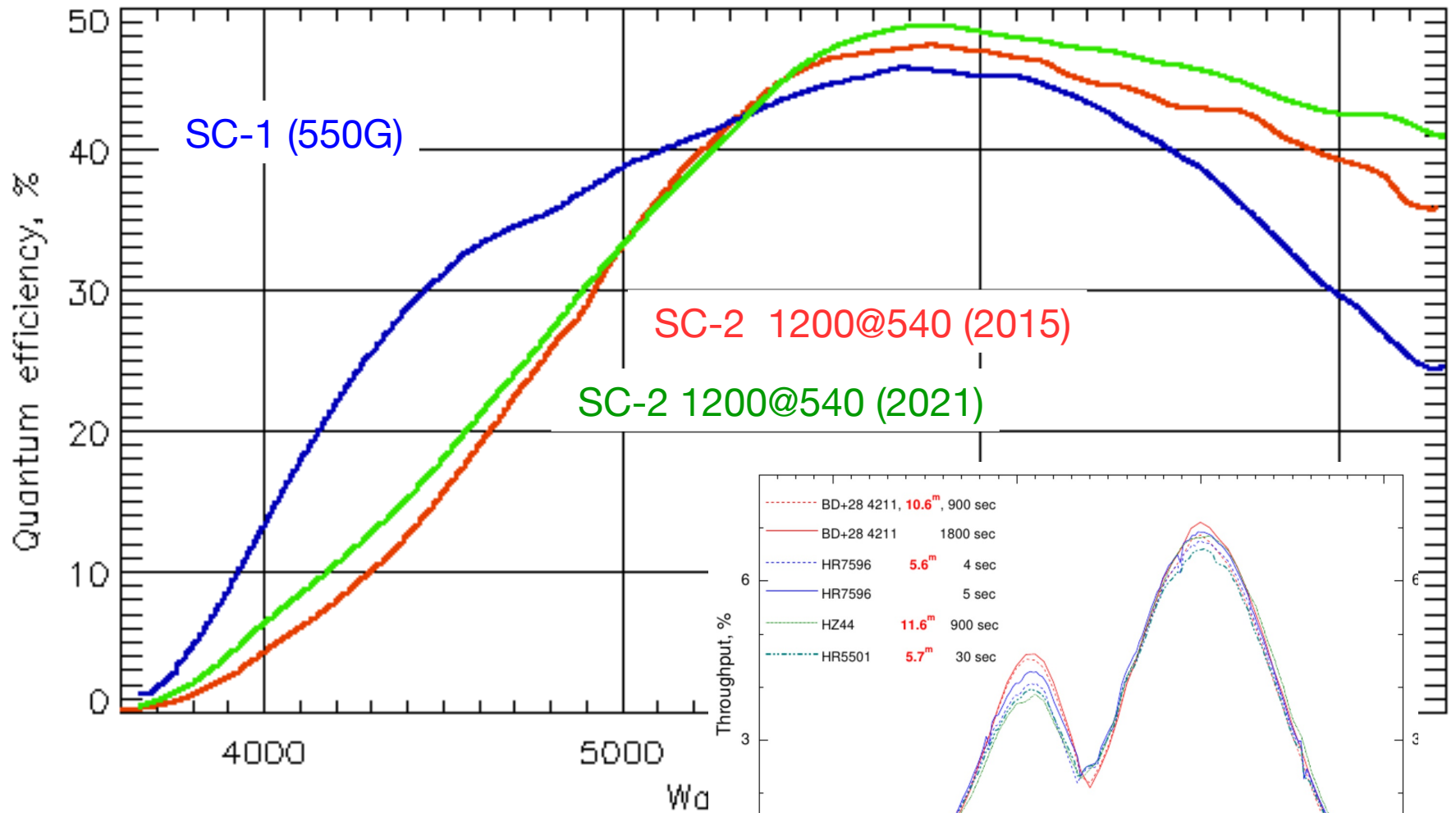
Бесщелевой режим (в щелевом - потери зависят от seeing)



SCORPIO-1 (синий) - 2 (красный). Телескоп+прибор+ПЗС



SCORPIO-1 (синий) - 2 (красный). Телескоп+прибор+ПЗС



Spectral Camera with Optical Reducer for Photometric and Interferometric Observations = SCORPIO

В поле зрения 6'x6':

- Изображения в фильтрах
- длиннощелевая спектроскопия (R=500-2900)
- бесщелевая спектроскопия
- 3D спектроскопия с ИФП
- Многообъектная спектроскопия (16 щелей в поле 6'x3')
- спектрополяриметрия

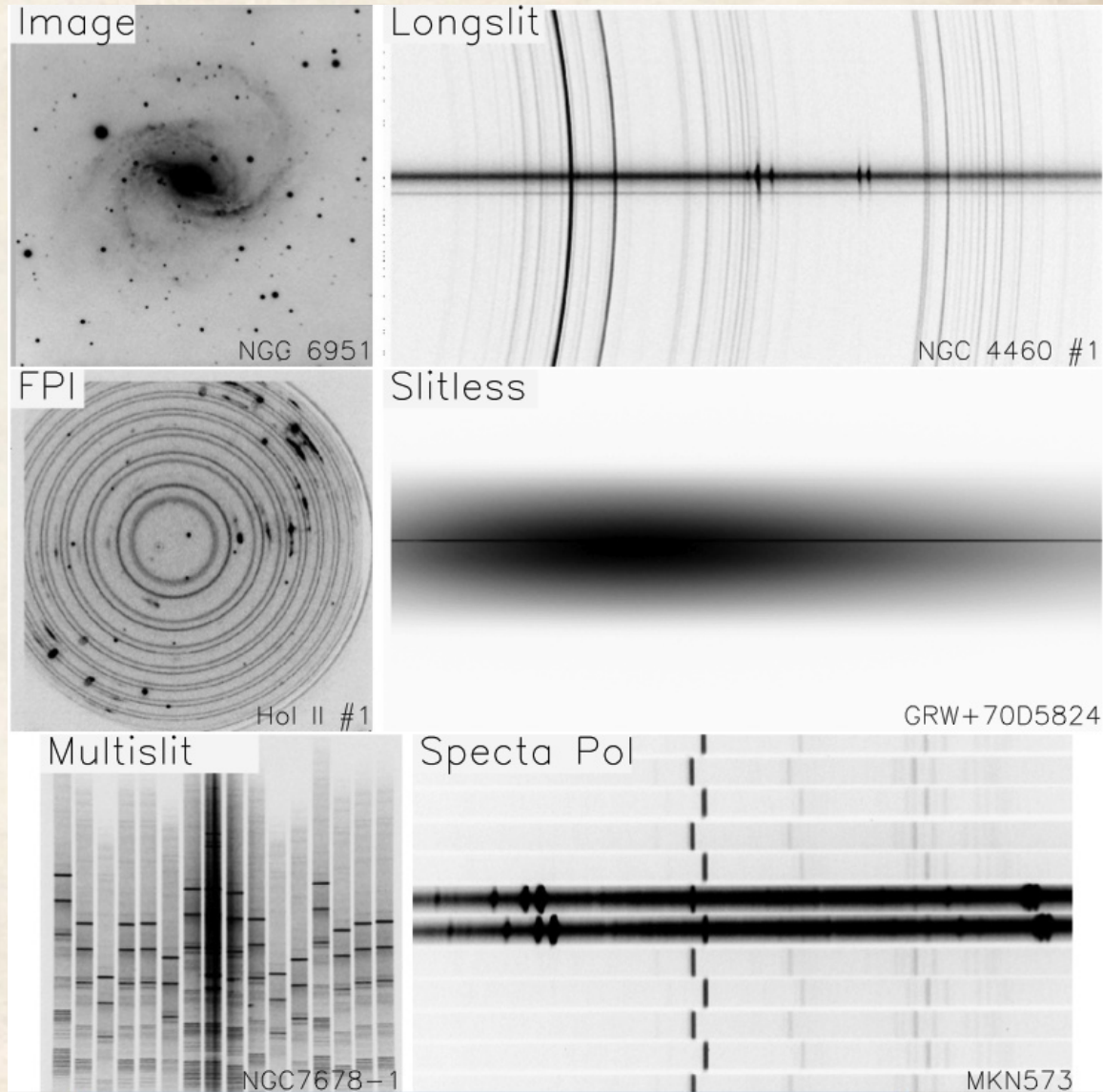


Рисунок А.А. Борисенко

«SCORPIO — это наш FORS» (С.Н. Фабрика)



2007



FOV: 6.8' x 6.8' and 4.25' x 4.25'

Imaging: 9 filters

Spectroscopy: 13 grisms

MOS: a set of 19 pairs of arms

Polarimetry: $\lambda/2$, $\lambda/4$, Wollaston prism

FOV: 6.1' x 6.1'

Imaging: 10 / 27 filters

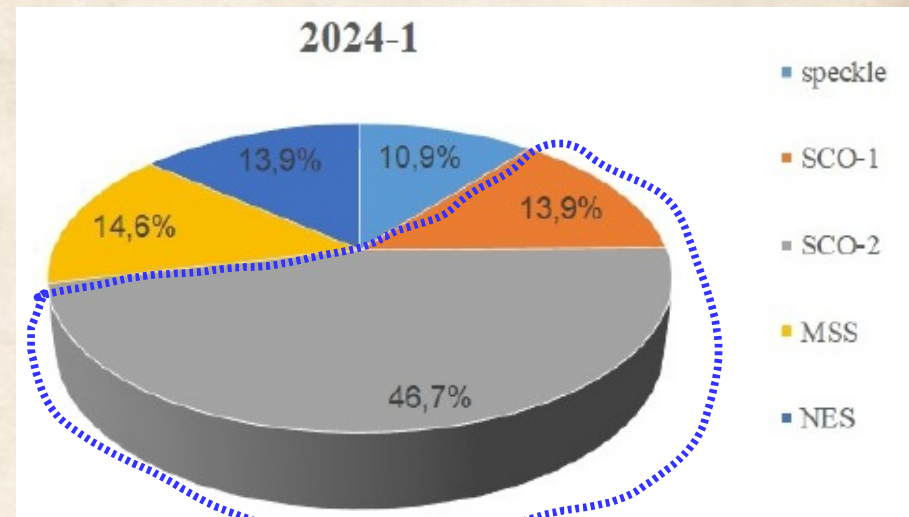
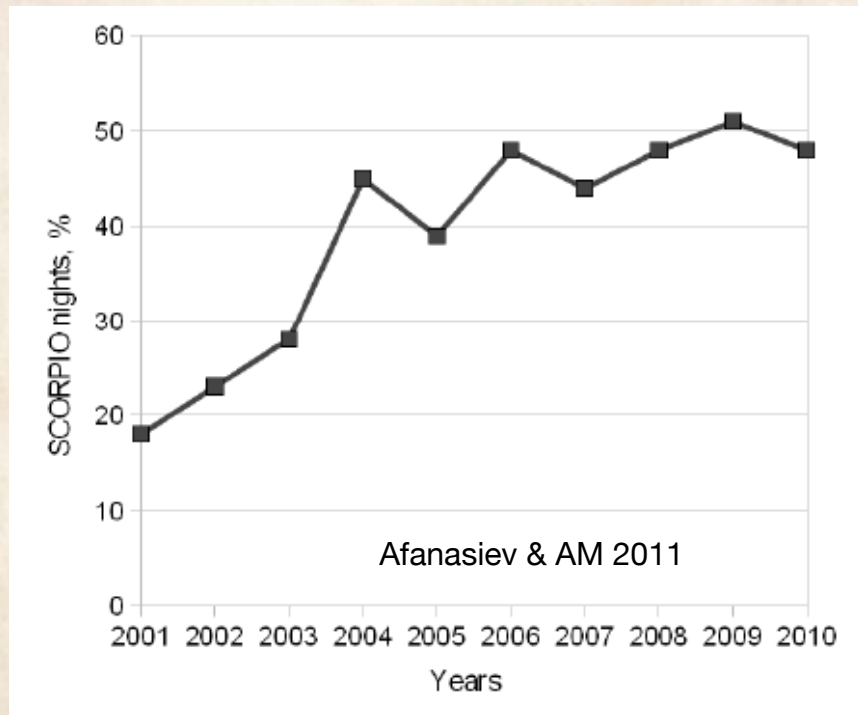
Spectroscopy: 2 / 9 grisms

MOS: 16 slits / no

Polarimetry: $\lambda/2$, $\lambda/4$, Wollaston 2,4

IFP & IFU

Урок 1: Востребованность прибора сложно предугадать



Отчет зам директора на НКТПТ

Задача заменить 4-5 приборов изначально не ставилась
Усиливаем то, направление, которое начинает получаться лучше

Возможные причины популярности:

- Стандартный тип данных (для DI, LS), программы потоковой обработки
- Выигрыш в эффективности превышал остальные потери (сп. диапазон и пр.)
- Длинный блок программ - больше вероятность поймать погоду

Вечная проблема “универсальности”



Ограниченность каждого из режимов (качество изображений, сп. диапазон...)

Кризис рубежа десятилетия: 2008-2010 гг.

- С 2007 г. - дистанционные наблюдения, нехватка позиций для фильтров и решеток
- Исчерпаны возможности модернизации, при том, что вырос интерес к поляриметрии
- Необходимость улучшения PSF по полю в прямых снимках
- (следствие “проблемы универсальности”)
- Переход на формат детекторов 2x4K
- Необходимость замены MPFS (старая камера, низкая эффективность)



SCORPIO-2 - первый свет летом 2010 г.

Детектор E2V 42-90 2x4.5K

27 позиций для фильтров (было – 8)

9 позиций для гризм (было – 1)

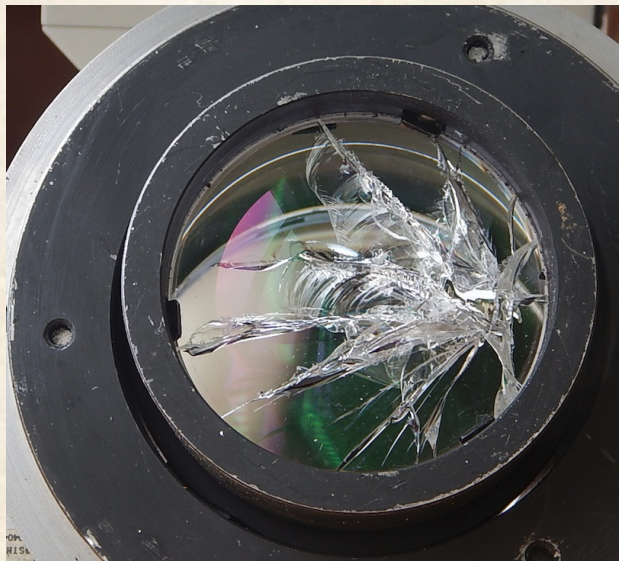
Постоянная установка ИФП

Интегрально-полевая спектроскопия с IFU

Широкие возможности для поляриметрии

Урок 2. Инженеры должны расти вместе с прибором

Коллиматор SCORPIO в марте 2019 г. - результат передачи в ЛОН



- разбита линза
- сгорела электроника управления
- 3 призмы в нерабочем состоянии (удары привели к расклейке)

Системная проблема – необходима заинтересованность (не только материальная, но и она тоже) инженерно-технического персонала в результатах работы прибора.

Нам не просто “везло” с инженерами – мы их воспитывали такими (Е.И. Герасименко → Н. А. Фоменко → А.Е. Перепелицын)

С ответственными астрономами – то же самое

Результаты в ADS

- 2009Natur.461.1254T 2009/10 cited: 268
A γ -ray burst at a redshift of $z \sim 8.2$
Tanvir, N. R.; Fox, D. B.; Levan, A. J.; Berger, E.; Wiersema, K.; Fynbo, J. P. U.; Cucchiara, A. [and 56 more](#)
- 2014A&A...571A..29P 2014/11 cited: 493
Planck 2013 results. XXIX. The Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources
Planck Collaboration; Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; Arnaud, M.; Ashdown, M.; Atrio-Barandela, F. [and 269 more](#)
- 2005AstL...31..194A 2005/03 cited: 413
The SCORPIO Universal Focal Reducer of the 6-m Telescope
Afanasiev, V. L.; Moiseev, A. V.
- 2011BaltA...20..363A 2011/08 cited: 204
Scorpio on the 6 m Telescope: Current State and Perspectives for Spectroscopy of Galactic and Extragalactic Objects
Afanasiev, V. L.; Moiseev, A. V.
- 2016AJ....151...96M 2016/04 cited: 136
Discovery of an Ultra-diffuse Galaxy in the Pisces--Perseus Supercluster
Martínez-Delgado, David; Läsker, Ronald; Sharina, Margarita; Toloba, Elisa; Filiri, Jürgen; Beaton, Rachael; Valls-Gabaud, David [and 12 more](#)
- 2021MNRAS.508.3820S 2021/12 cited: 135
First tidal disruption events discovered by SRG/eROSITA: X-ray/optical properties and X-ray luminosity function at $z < 0.6$
Sazonov, S.; Gilfanov, M.; Medvedev, P.; Yao, Y.; Khorunzhev, G.; Semena, A.; Sunyaev, R. [and 18 more](#)
- 2009AJ....137.3009C 2009/02 cited: 128
Discovery of New Dwarf Galaxies in the M81 Group
Chiboucas, Kristin; Karachentsev, Igor D.; Tully, R. Brent
- 2016ApJ...833..149D 2016/12 cited: 113
M31N 2008-12a - The Remarkable Recurrent Nova in M31: Panchromatic Observations of the 2015 Eruption.
Darnley, M. J.; Henze, M.; Bode, M. F.; Hachisu, I.; Hernanz, M.; Hornoch, K.; Hounsell, R. [and 48 more](#)
- 2001A&A...370..398C 2001/05 cited: 106
The extraordinarily bright optical afterglow of GRB 991208 and its host galaxy
Castro-Tirado, A. J.; Sokolov, V. V.; Gorosabel, J.; Castro Cerón, J. M.; Greiner, J.; Wijers, R. A. M. J.; Jensen, B. L. [and 46 more](#)
- 2015A&A...581A..14P 2015/09 cited: 103
Planck 2013 results. XXXII. The updated Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources
Planck Collaboration; Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; Arnaud, M.; Ashdown, M.; Atrio-Barandela, F. [and 271 more](#)
- 2005A&A...443..91P 2005/11 cited: 103
Study of DDO 68: nearest candidate for a young galaxy?
Pustilnik, S. A.; Kniazev, A. Y.; Pramskij, A. G.
- 2009Sci...326.1379C 2009/12 cited: 102
A Population of Compact Elliptical Galaxies Detected with the Virtual Observatory
Chilingarian, Igor; Cayatte, Véronique; Revaz, Yves; Dodonov, Serguei; Durand, Daniel; Durret, Florence; Micol, Alberto [and 1 more](#)
- 2007ApJ...671L...9B 2007/12 cited: 102
The Cosmic Horseshoe: Discovery of an Einstein Ring around a Giant Luminous Red Galaxy
Belokurov, V.; Evans, N. W.; Moiseev, A.; King, L. J.; Hewett, P. C.; Pettini, M.; Wyrzykowski, L. [and 8 more](#)

578 top cited records with **9,388** total citations



H-Index for results: 44

Y-axis: linear log

Самые цитируемые работы –
самые простые режимы (LS, DI)



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

Main page
Contents
Current events
Random article
About Wikipedia
Contact us
Donate

Contribute
Help
Learn to edit
Community portal

Not logged in [Talk](#) [Contributions](#) [Create account](#) [Log in](#)

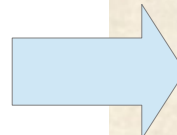
Article [Talk](#) [Read](#) [Edit](#) [View history](#)

Gravitational lens

From Wikipedia, the free encyclopedia

A **gravitational lens** is a distribution of matter (such as a [cluster of galaxies](#)) between a distant light source and an observer, that is capable of bending the light from the source as the light travels toward the observer. This effect is known as **gravitational lensing**, and the amount of bending is one of the predictions of [Albert Einstein's general theory of relativity](#).^{[1][2]} Treating light as

Part of a series of articles about
Gravitational lensing



LETTER

https://doi.org/10.1038/s41586-019-1216-1

A massive white-dwarf merger product before final collapse

Vasilii V. Gvaramadze^{1,2,3*}, Götz Gräffener^{4*}, Norbert Langer^{4,5}, Olga V. Maryeva^{1,6}, Alexei Y. Knizhev^{1,7,8}, Alexander S. Moskvitin⁹ & Olga I. Spiridonova⁹

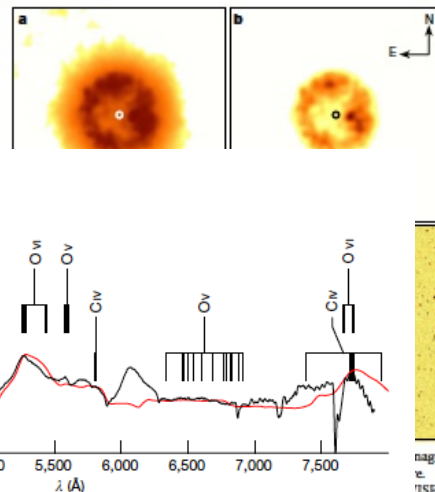
Gravitational-wave emission can lead to the coalescence of close pairs of compact objects orbiting each other^{1,2}. In the case of neutron stars, such mergers may yield masses above the Tolman–Oppenheimer–Volkoff limit (2 to 2.7 solar masses)³, leading to the formation of black holes⁴. For white dwarfs, the mass of the merger product may exceed the Chandrasekhar limit, leading either to a thermonuclear explosion as a type Ia supernova^{5,6} or to a collapse forming a neutron star^{7,8}. The latter case is expected to result in a hydrogen- and helium-free circumstellar nebula and a hot, luminous, rapidly rotating and highly magnetized central star with a lifetime of about 10,000 years^{9,10}. Here we report observations of a hot star with a spectrum dominated by emission lines, which is located at the centre of a circular mid-infrared nebula. The widths of the emission lines imply that wind material leaves the star with an outflow velocity of 16,000 kilometres per second and that rapid stellar rotation and a strong magnetic field aid the wind acceleration. Given that hydrogen and helium are probably absent from the star and nebula, we conclude that both objects formed recently from the merger of two massive white dwarfs. Our stellar-atmosphere and wind models indicate a stellar surface temperature of about 200,000 kelvin and a luminosity of about 10^{4.6} solar luminosities. The properties of the star and nebula agree with models of the post-merger evolution of super-Chandrasekhar-mass white dwarfs⁹, which predict a bright optical and high-energy transient upon collapse of the star¹¹ within the next few thousand years. Our observations indicate that super-Chandrasekhar-mass white-dwarf mergers can avoid thermonuclear explosion as type Ia supernovae, and provide evidence for

During our search (see Methods), we discovered Cassiopea (Fig. 1) with Explorer (WISE)¹². As a circular shell with 75 arcsec. The higher fuse halo with a radius a distance of about 3 the shell and halo are also visible in the WISE fuse structure of the central star of the net at RA = 00 h 53 min following, we call this

Optical follow-up spectroscopy of J005311 with the Russian 6-m telescope (see Methods) revealed an emission-line-dominated spectrum, reminiscent of oxygen-rich Wolf–Rayet (WO type) stars (Fig. 2).

However, the emission lines of J005311 are stronger and broader than those of even the most extreme (in terms of strength and width of their emission lines) WO stars. Most notably, the O VI (3,811 Å, 3,834 Å) emission doublet shows an equivalent width of EW(O VI) ≈ 2,300 Å and a full-width at half-maximum of about 300 Å. We note that no nebular lines are visible in the obtained long-slit spectrum.

We analysed the optical spectrum of J005311 using the Potsdam Wolf–Rayet code for expanding stellar atmospheres (see Methods). In Fig. 2, we compare our best-fitting model with the observed spectrum. The line spectrum is reproduced well, except for two missing emission lines near 4,340 Å and 6,068 Å, which are probably formed by high-lying transitions of highly ionized oxygen (O VIII) or neon (Ne VIII) ions. The lines may either originate from a hot plasma that coexists with the cooler simulated wind material in our models, or indicate a high neon abundance (see Methods). Our model fit yields a stellar temperature of 211,000^{+40,000}_{-23,000} K (see footnote of Table 1 for the definition of the uncertainties) at the base of the wind and a chemical composition



12-μm (c) and IPHAS Hα (d) images of the nebula and its central star. At the distance of J005311 (about 3 kpc), 1 arcmin corresponds to about 0.9 pc. All images have the same angular scale and orientation.

A Population of Compact Elliptical Galaxies Detected with the Virtual Observatory

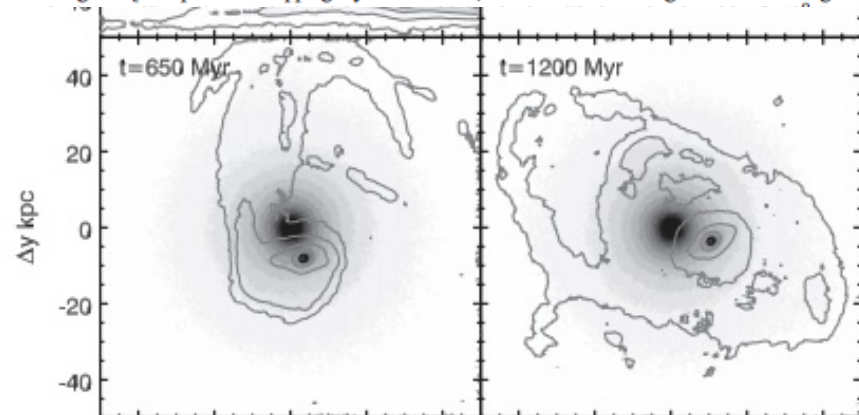
Igor Chilingarian,^{1,2,3*} Véronique Cayatte,⁴ Yves Revaz,⁵ Serguei Dodonov,⁶ Daniel Durand,⁷ Florence Durret,^{8,9} Alberto Micol,¹⁰ Eric Slezak¹¹

Compact elliptical galaxies are characterized by small sizes and high stellar densities. They are thought to form through tidal stripping of massive progenitors. However, only a handful of them were known, preventing us from understanding the role played by this mechanism in galaxy evolution. We present a population of 21 compact elliptical galaxies gathered with the Virtual Observatory. Follow-up spectroscopy and data mining, using high-resolution images and large databases, show that all the galaxies exhibit old metal-rich stellar populations different from those of dwarf elliptical galaxies of similar masses but similar to those of more massive early-type galaxies, supporting the tidal stripping scenario. Their internal properties are reproduced by numerical simulations, which result in compact, dynamically hot remnants resembling the galaxies in our sample.

Present-day clusters of galaxies host rich populations of dwarf elliptical (dE) and lenticular (dS0) galaxies (*I*) having regular morphology and lacking ongoing star formation and interstellar medium (ISM). These galaxies are thought to form by internal processes, such as supernova feedback to the star formation (*2*), or external agents [ram pressure stripping by hot

(UCDs) (*5, 6*), that is, very compact stellar systems several times more massive than known globular clusters. However, UCDs [$L \sim 10^7 L_{\odot}$ (luminosity of the Sun)] are about two orders of magnitude less luminous than bright dEs and, therefore, can be studied in only a handful of nearby galaxy clusters.

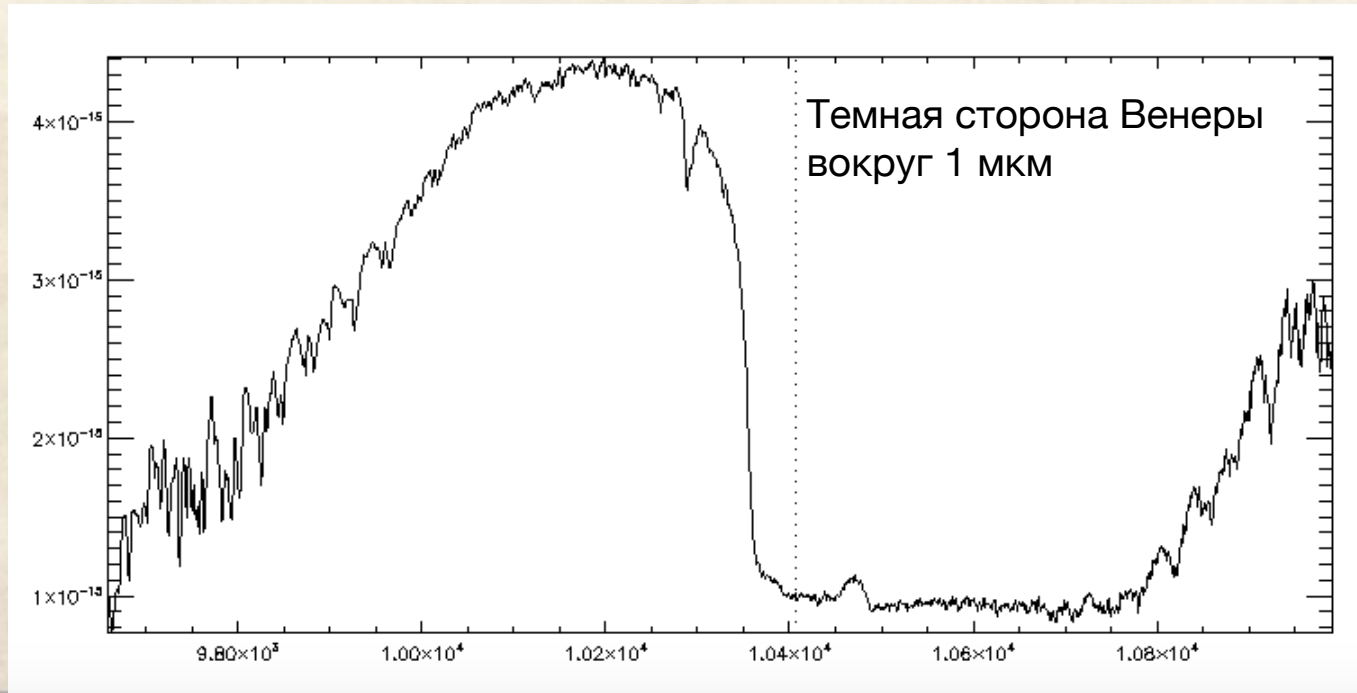
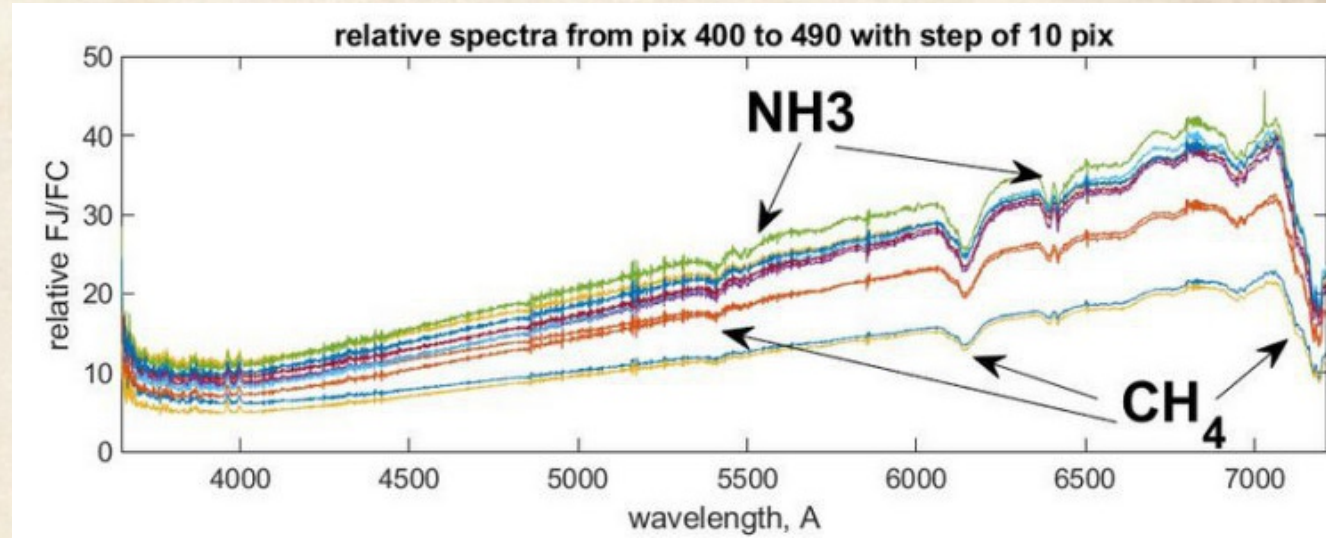
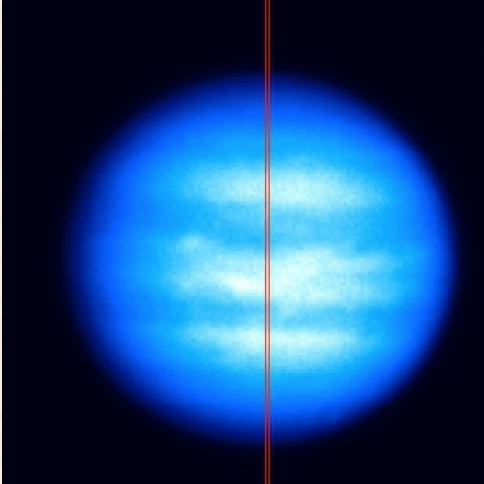
Compact elliptical (cE), or M32-like galaxies, which are also thought to form through



Ряд важных результатов (но далеко не все!)

- H-альфа обзор Ближней Вселенной (Кайсин, Караченцев)
- Новый метод измерения масс черных дыр (Афанасьев, Попович)
- Массовая спектроскопия и SED-фотометрия (доклад Додонова)
- LBV в близких галактиках (Пустильник, Соловьева, Ярлова)
- Поляриметрия полярных звезд (доклад Колбина)
- Турбулентность МЗС в галактиках (доклад Егорова)
- Оптическая поддержка целей Спектр-РГ (Гильфанов, Буренин...)
- Кинематика звездных подсистем в галактиках (Катков)
- Аккреция газа галактиками (Сильченко, Моисеев)
- Поляриметрия и спектроскопия комет (Корсун, Иванова)
- Джеты из молодых звезд в 3D (Мовсисян, Магакян)
- Первая на БТА спектроскопия кандидатов в экзопланеты (Бурданов + 2014)

Новые задачи: спектроскопия R=3000-5000 и ближний ИК



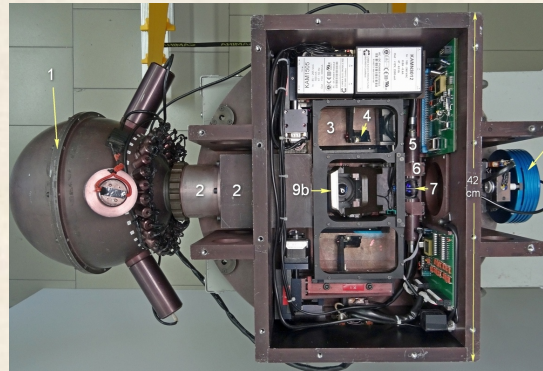
Урок 3. "Социальная роль" (когда проект нужен многим)

Сейчас "SCORPIO" - это семья из трех инструментов

SCORPIO -1



Адаптер ПФ



SCORPIO-2



Д.В. Опарин



Р.И. Уклеин

А.В. Моисеев

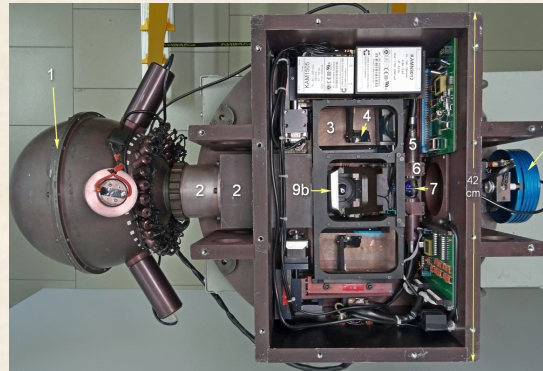
Урок 3. "Социальная роль" (когда проект нужен многим)

Сейчас "SCORPIO" - это семья из трех инструментов

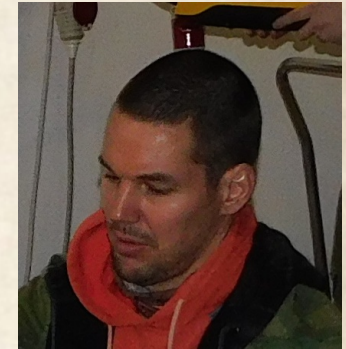
SCORPIO -1



Адаптер ПФ



SCORPIO-2



А.Е. Перепелицын



Д.В. Опарин



Р.И. Уклеин

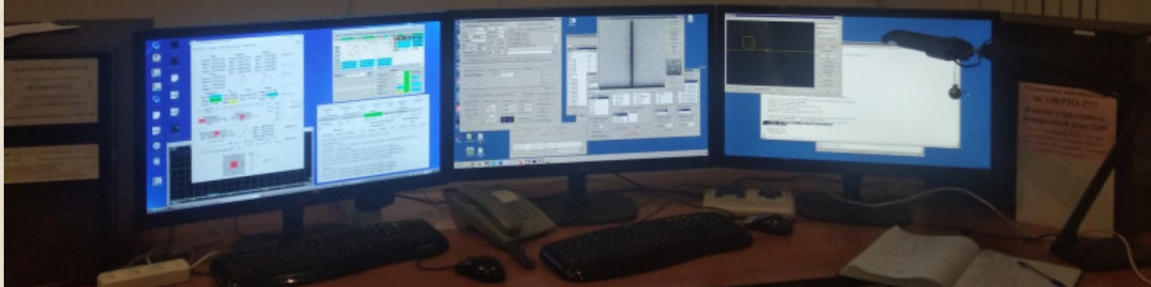
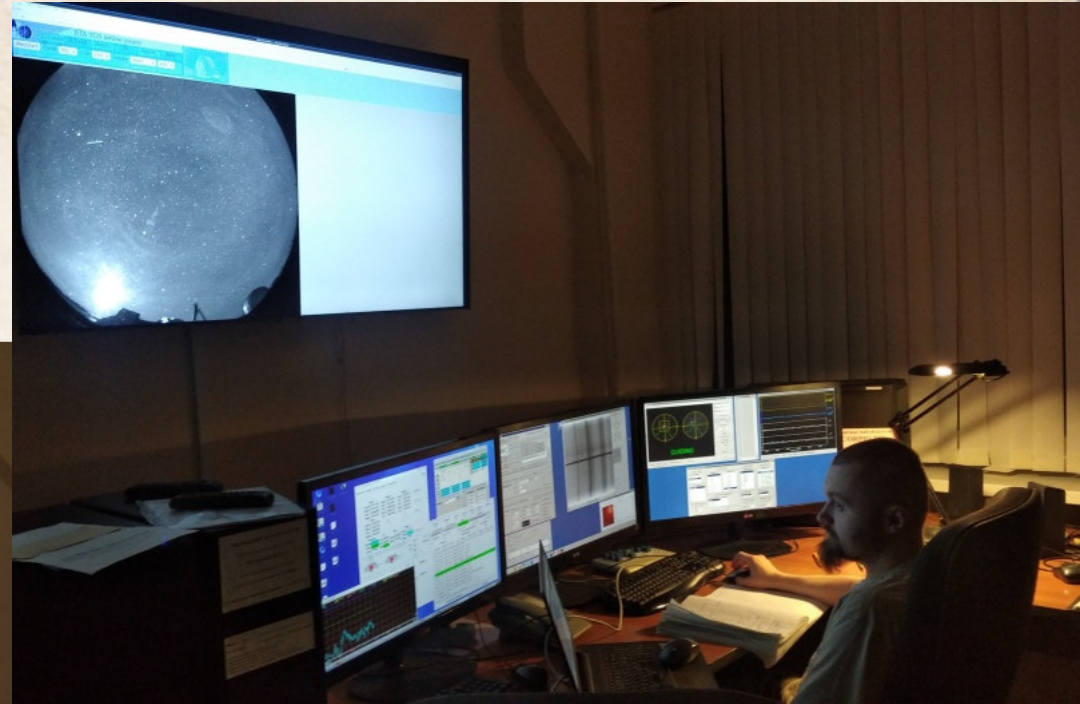
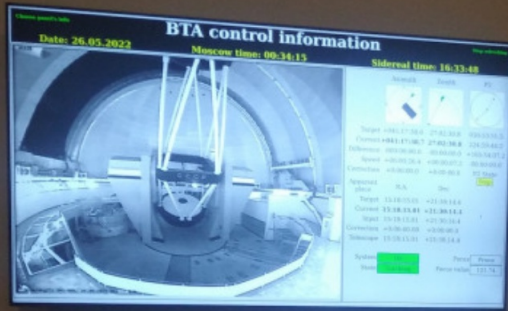
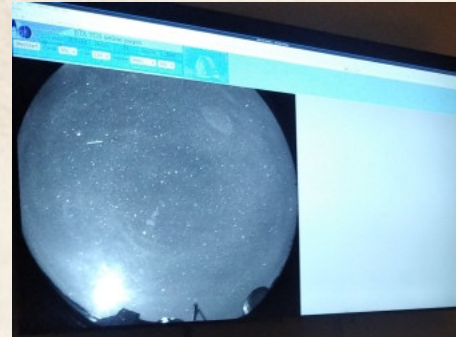


А.В. Моисеев

Удаленные наблюдения из к. 505 Лабкорпуса

Сейчас здесь не только SCOPRIO, но и спекл, MPPP, MAGIC, MaNGaL

Идея – В.Л. Афанасьев и Н.А. Борисов
Реализация: ОИ + администрация CAO



Рост числа
участников наблюдений

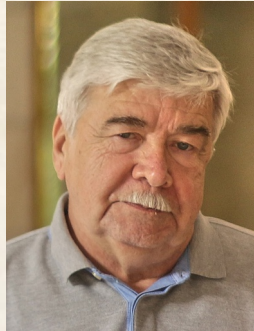
Ответственные наблюдатели 2025: 4 лаборатории



С.С. Котов



Д.В. Опарин



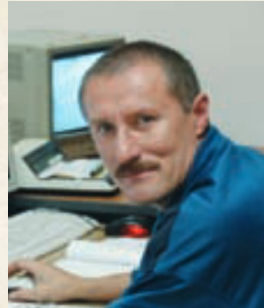
С.Н. Додонов



А.В. Моисеев



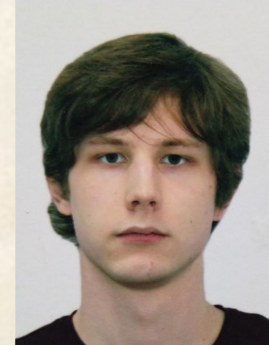
А. Аршинова



С.С. Кайсин



А.С. Москвитин



М.И. Чазов



Р.И. Уклеин



Е.О. Дедов



А.С. Винокуров



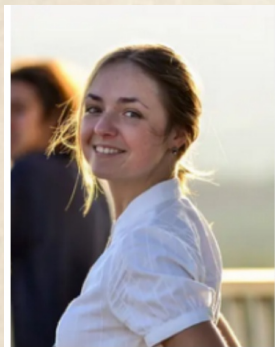
А.Н. Саркисян

Косвенное: диссертации, премии



>40 диссертаций всех видов (кан, док, PhD)

Премии им. И.М. Копылова (все за последние 15 лет):
2009, 2012, 2015, 2018, 2021, 2024



Dr. Elena Shablovinskaya

Postdoc

✉ eshablovinskaia@...

📍 [Humboldt Research Fellow](#)



MAX PLANCK
FOR RADIO ASTRONOMY

RADIO ASTRONOMY / VLBI

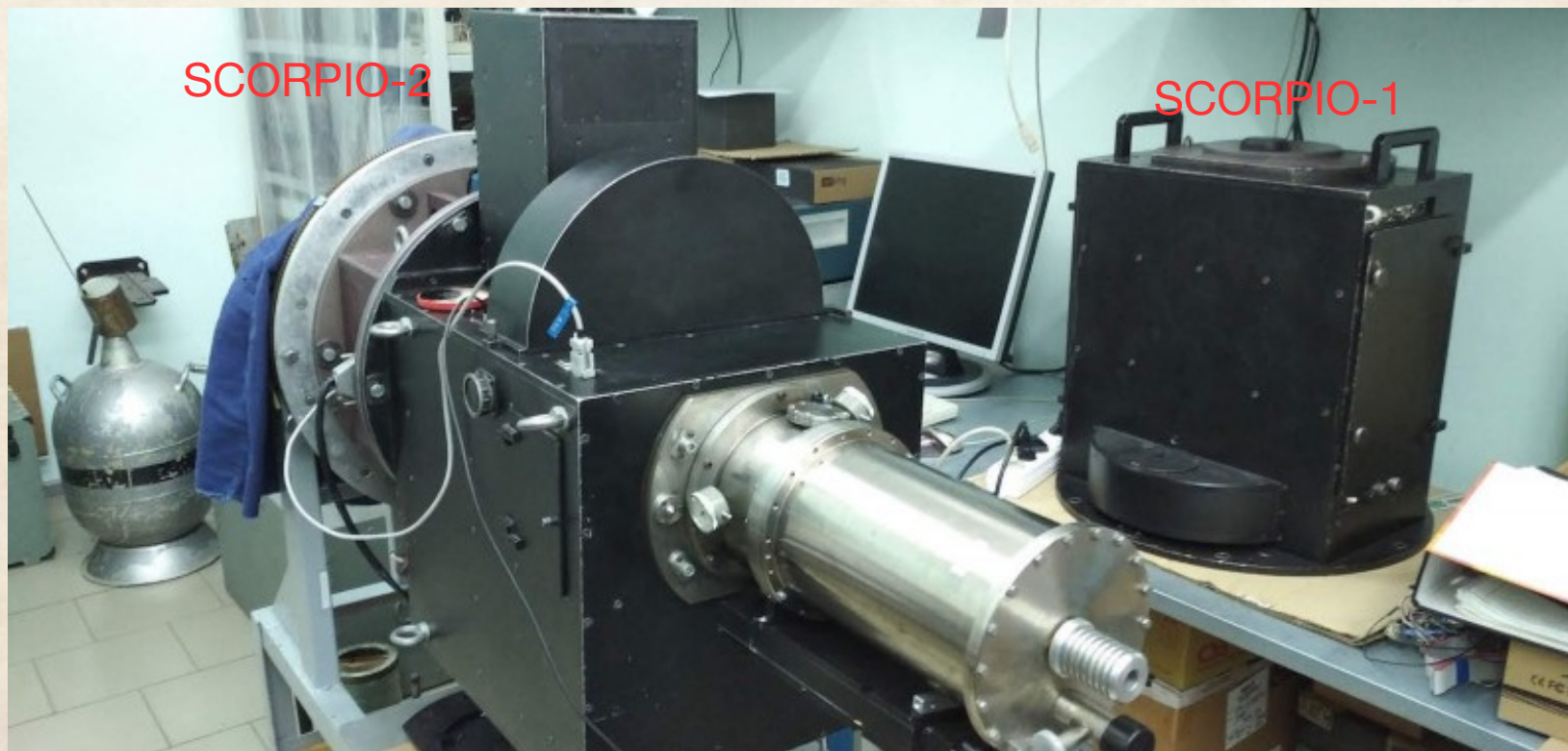
HIGHLIGHTS | STAFF | STUDENT

Премия РАН им. И.С. Шкловского

Уроки SCORPIO

- **Востребованность прибора сложно предугадать.**
Надо усиливать то направление, где реально получаются результаты (совместные действия наблюдателей, заявителей, администрации).
И здесь очень важную роль играет зам. по БТА
- **Инженеры должны расти вместе с прибором**
- **“Социальная роль” прибора не менее важна, чем чисто научная**

Спасибо за внимание!
Простите, если кого-то забыл ;(



Фокальный редуктор следующего поколения?

- 1) Не потерять наши “стратегические преимущества”: **поляриметрия, ИФП, поддержка миссии “Спектр – РГ”**
- 2) Движение в сторону **большого поля зрения – не очевидно.**

Проблемы:

- оптика нового поколения
 - стоимость узкополосных фильтров растет в разы, собирать их будем годами, а широкополосные малоинтересны в эпоху DECALS и LSST
 - отказ от текущих интерферометров (пучок 50 мм)
- 3) Нужно решение о перспективах **многообъектной спектроскопии** на БТА (в 2021 г. финансирование этого направления остановлено)
 - 4) Наиболее перспективным представляется повышение спектрального разрешения с сохранением длины щели не менее 3-5 arcmin
 - 5) IFU с $R > 5000$?
 - 6) Два интерферометра Фабри-Перо (опыт MaNGaL)?

Важно сперва сформулировать актуальные задачи для такого прибора