

# Инструкция по подаче программы наблюдений на 2.5м телескопе КГО ГАИШ

*Камера широкого поля (ПЗС-фотометр) NBI4K*

*Версия 13 апреля 2021*

## 1. Введение

В настоящей инструкции описан процесс подачи заявки на выполнение прямых снимков с 2.5-метровым телескопом ГАИШ МГУ имени М.В. Ломоносова, установленном на Кавказской горной обсерватории ГАИШ. Они выполняются с ПЗС-фотометром, называемым Wide Field CCD 4K-camera NBI в полосах фотометрических систем UBVRcIc и SDSS (ugriz), а также с рядом узкополосных фильтров на линии водорода, серы, кислорода и прилежащие области континуума.

Заявка проходит обычную для обсерваторий двухэтапную процедуру обработки:

1. Оценка программным комитетом её актуальности и выполнимости на данном инструменте, с учётом баланса затрат наблюдательного времени и предполагаемого научного выхода. В результате заявку отправляют на доработку или выделяют ей некоторую квоту наблюдательного времени.
2. Составление для одобренной заявки детального перечня требуемых для достижения целей заявки объектов и измерений. Расчётом уточняется общий объём потребного наблюдательного времени и под выделенную квоту корректируется список объектов и их измерений. Если итоговое потребное время на наблюдения превышает одобренное комитетом, заявка рассматривается повторно.

Для облегчения выполнения этой процедуры разрабатываются инструкции для каждого из штатных инструментов телескопа. Конечная цель второго этапа составления заявки — дать необходимую информацию для автоматизированного гибкого планирования наблюдений, так как выделение времени на телескопах КГО происходит в режиме реального времени исходя из текущих условий, требований к ним у принятых к выполнению задач и выделенных программам квот и приоритетов.

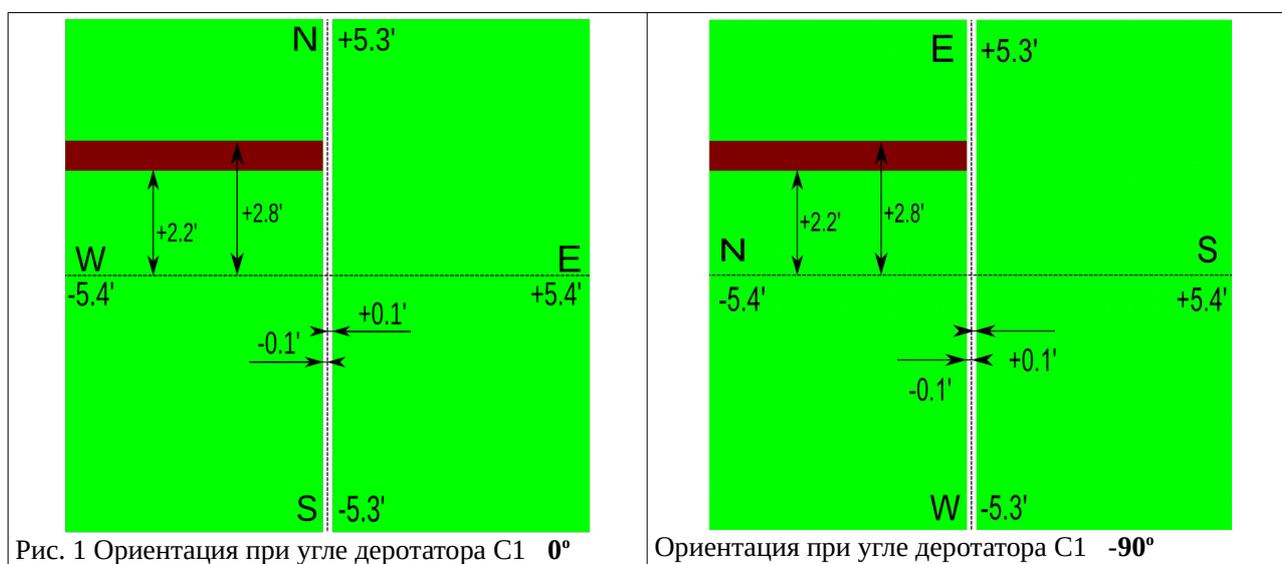
Наблюдения проводятся в сервисном режиме, то есть дежурный наблюдатель выполняет наблюдения по всем одобренным и активным (актуализированным) программам безотносительно своего соавторства конкретных программ. Результаты становятся доступны заявителям сразу после наблюдений (когда сырые данные попадают на сервер [file.sai.msu.ru](http://file.sai.msu.ru) на следующий день после наблюдений; доступ к серверу пока доступен только PI инструментов) и/или проходят перед этим первичную обработку конвейером или вручную (специалистом по обработке данных системы наблюдений). Обычным критерием успеха выполнения программы и существенным фактором в рассмотрении будущих программ заявителя являются публикации по результатам выполнения одобренных заявок.

## Наблюдательные возможности NBI

Размер поля зрения оптической камеры —  $10' \times 10'$  (минут дуги). Камера представляет собой мозаику из двух чипов 2К x 4К с размером пикселя 15 микрон. Посередине полного кадра 4x4К есть слепая полоса стыка между светочувствительными зонами матриц, шириной около  $12''$ . «Левый» чип — инженерный, его качество из-за косметики хуже, чем «правого»; полосу между строками  $Y=2890$  и  $Y=3130$  использовать для количественных измерений нельзя (см. Рис. 1, коричневая полоса). В остальном детекторы примерно одинаковы, линейность левого чипа даже чуть лучше, чем у правого. Если поле  $5 \times 10'$  достаточно, лучше ориентироваться на размещение объектов в поле «правого» чипа. Из-за местных дефектов и пылинок прецизионную фотометрию можно выполнять многократными экспозициями с небольшими сдвигами по  $5''$  между кадрами («дизеринг»), однако это пока в практику не введено.

### Ориентация изображений

Изображения получаются зеркальными. При стандартном монтаже камеры, когда телескоп в меридиане на юг от зенита (параллактический угол  $0^\circ$ ), изображения в программе просмотра FITS-файлов SAOImage ds9 ориентированы как показано на Рис. 1.



При увеличении параллактического угла (например, при суточном вращении для звёзд, кульминирующих южнее зенита) изображение звёздного поля на Рис. 1, снятого с тем же углом деротатора, поворачивается против часовой стрелки.

Для справки: считается, что левое изображение на Рис. 1 соответствует позиционному углу инструмента  $0^\circ$  (деротатор в среднем положении, его диапазон от  $-180^\circ$  до  $+180^\circ$ ), правое — поз.углу  $90^\circ$ . Модель поля зрения в XML-формате Virtual Observatory доступна по ссылке [http://Infm1.sai.msu.ru/kg0/instruments/ccds/nbi4k/man/SAI\\_NBI4Kfootprint.vot](http://Infm1.sai.msu.ru/kg0/instruments/ccds/nbi4k/man/SAI_NBI4Kfootprint.vot) ; её можно использовать в программе Aladin (см. <http://johnmurrell.org.uk/AVO-FoV%20in%20Aladin.htm>) для подготовки наблюдений, выбирая оптимальные координаты точки наведения телескопа и позиционный угол инструмента (расположение объектов и звёзд сравнения на мозаике). Конкретные позиционные углы и сдвиги точки наведения относительно каталожных координат объектов задаются после одобрения программы наблюдений заявителем при создании списка объектов, заданий на наблюдения и списков требуемых измерений. При необходимости ему может оказывать помощь ответственный за прибор.

## Фильтры

Доступны следующие фильтры:

- широкополосные U, B, V, Rc, Ic, u\_sdss, g\_sdss, r\_sdss, i\_sdss, z\_sdss
- узкополосные Halp, Halpbc, [OIII], [OIII]rc, [SII], [SII]rc, Hbet, Hbetbc

Идентификатор конкретного фильтра, соответствующего полосе (например «F002BBES» для фильтра B), будет указан в заголовке FITS-файла в поле FILTERID и по нему однозначно определяются все характеристики фильтра и кривые пропускания (см. <http://arca.sai.msu.ru/filters?ics=NBI>).

## Экспозиции

Снимки выполняются в режиме фотометрии **light**, доступны экспозиции длиной от 0.1 сек (после ввода штормного затвора Bonn Shutter), но такие короткие выдержки используются обычно лишь для плоских полей (режим **flat**). Оценить предельные характеристики снимков можно исходя из следующих параметров системы (пренебрегая их переменностью от длины волны):

1. Площадь свободной от экранирования апертуры телескопа 40 тыс кв. см.
2. Пропускание атмосферы (коэффициент экстинкции) в полосе I порядка 0.15<sup>m</sup> вел, V — 0.2<sup>m</sup>, U — 0.4<sup>m</sup>.
3. Полное пропускание оптики (зеркала M1 и M2 и оптическое окно криостата) — 65%.
4. Масштаб изображения 0.155 секунд дуги на пиксель
5. Фон неба порядка 21 вел в полосе V с квадратной секунды
6. Шум считывания на рабочей скорости оцифровки 4.5 электрона. Темновой шум отсутствует.

Предельной звёздной величиной со стороны слабых объектов для точности фотометрии порядка 10% - порядка 23. Экспозиции более 20 минут не используются. Режим бинирования также следует избегать из-за артефактов при устранении подложки, определяемой по 50-пиксельным зонам псевдо-оверскана справа и слева от фоточувствительной зоны приёмников.

## Накладные расходы

В расчёт бюджета потребного наблюдательного времени в режиме фотометрии входят следующие компоненты (кроме чистого времени экспозиций):

1. Время наведения телескопа — от 10 до 60 с;
2. Фокусировка — 2..5 мин, раз в 30 — 120 минут в зависимости от условий;
3. Время считывания и записи накопленного полного кадра — 20 секунд;
4. Время на перевод фильтров — 2-8 с;
5. Время сдвигов телескопа в режиме дизеринга — порядка 3 с (автоматический режим дизеринга ещё не реализован в ПО прибора).

К ним добавляется время центровки объекта, если указанные заявителем сдвиги оказываются не оптимальными, составляющее около 2-3 минут на объект. Автогидирование запускается само и накладных расходов практически не прибавляет.

## Информация, предоставляемая заявителем наблюдений на первом этапе

Для рассмотрения заявки комитетом по наблюдательному времени ГАИШ должна быть предоставлена следующая информация в виде документа «Заявка на наблюдения с NBI/SAI2.5» (на русском или на английском языке):

1. Название предлагаемой программы наблюдений, отражающее род исследуемых объектов и вид исследования. На русском и на английском языке. Если наблюдения требуются для целей уже выполняющейся программы исследований, дать её название и/или ссылку.
2. Автор (фамилия, инициалы) и электронная почта автора (PI) программы.
3. Аннотация программы исследования и наблюдений (1 абзац) — что требуется отнаблюдать, какими методами и что нужно добиться (<256 симв., на английском языке).
4. Изложение поставленной научной задачи и предлагаемого к применению метода её решения (2-3 стр), с указанием публикаций по теме предыдущих заявок на наблюдения в КГО или по данным, полученным на аналогичных приборах в других обсерваториях.
5. Описание предлагаемых наблюдений, которые должны быть выполнены в рамках задачи. Включает следующую информацию:
  1. Период наблюдений (с горизонтом планирования 6 и 12 месяцев), режимы измерений (если нужно что-то нестандартное), предпочтительные условия прозрачности и качества изображений (с учётом того, что лучшие условия выполняются реже, не стоит ставить избыточные ограничения), периодичность, требуемая фотометрическая точность или необходимое отношение сигнал/шум в фотометрических оценках точечных или протяжённых объектов. Информация для оценки времени экспозиций дана выше.
  2. Общая оценка количества и продолжительности измерений в часах, полученная суммированием произведений числа наблюдений, отдельных измерений и экспозиций для каждого фильтра и объекта исследований. В расчёт должны быть также включены накладные расходы по списку выше.
  3. Требуется ли получать данные в определённые промежутки времени (для периодических или транзиентных объектов), или только исходя из условий видимости объекта, однократно или с заданной периодичностью измерений.
  4. Таблица объектов, для которых должны быть получены данные. Она содержит:
    1. имя объекта (в принятом в рамках ведущегося исследования виде или, что предпочтительней, Simbad- или NED-разрешимый основной идентификатор),
    2. экваториальные координаты в системе ICRS (равноденствие J2000, эпоха 2000.0) с точностью 0.01s прямого восхождения и 0.1“ склонения,
    3. звёздные величины в полосах B и V (или, SDSS\_g, SDSS\_r, указав «SDSS tags» в примечании, для звёзд — спектральный класс.
    4. В последних трёх столбцах таблицы следует общее максимальное количество наблюдений (отдельных сеансов измерений, проводимых в

предполагаемые программой приблизительные промежутки времени в днях или определённые интервалы времени) и общее число часов измерений, необходимых на объект, и наконец комментарий к объекту.

Таблица. Перечень объектов наблюдения

OBJECT	RA2000	DEC2000	Bmag	Vmag	Class	Nobs	Time,h	Комментарий
RW Aur	05 07 49.57	+30 24 05.2	14.0	12.0	YSO K1	10	20	Периодические оценки блеска
						3	3	Мониторинг в фазе минимума

В таблице **не** требуется указывать полный перечень необходимых измерений (то есть — какие экспозиции для каждого режима-полосы будут использованы), однако, как указано выше, заявитель должен самостоятельно сделать оценку общего необходимого времени измерений в часах, которая будет проверена на втором этапе прохождения заявки и, если она окажется существенно недооцененной, заявка будет рассматриваться комитетом повторно.

В расчёте потребного на программу времени следует учитывать, что среднегодовое ясное наблюдательное ночное время в КГО составляет 1300-1400 ч/год, в зимние месяцы доступного ясного времени примерно в 2-3 раза больше, чем в летние (из-за продолжительности ночи и большей доли ясной погоды). Подробная статистика ясного ночного времени приведена в статье Корнилова В.Г. и др. «Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика», 42, № 9, с. 678 (аннотация: <https://istina.msu.ru/publications/article/26925761/>, полный текст статьи в формате PDF см. в <https://istina.msu.ru/download/27121509/1kJXyT:3eudKQn8jCi-8hVPNpjS2FNULAA/>). Заявитель должен самостоятельно проверить, что запрашиваемые им измерения укладываются в доступные периоды видимости объекта в заявляемый сезон наблюдений, с учётом ожидаемой доли ясной погоды и статистики качества изображений. Из ясного времени менее половины приходится на т.н. *фотометрическую* погоду с малой переменностью прозрачности (<5%).

6. Как предполагается обрабатывать данные (самостоятельно, с привлечением к выполнению проекта PI NBI, или нужна стандартная обработка с вычитанием мастер-кадров подложки и учётом плоских полей); какова предполагаемая политика их открытия (доступны другим исследователям сразу после получения, по прошествии 1 года с момента получения, по прошествии 2 или 3 лет — в особых случаях долговременных программ). Если за обработку данных будет отвечать не автор (PI) заявки, следует указать электронный адрес и имя ответственного за получение результатов наблюдений и обработку данных.
7. Предполагаемое количество публикаций, соавторство в них сотрудников ГАИШ или МГУ, издания, в которых планируется публикация результатов исследований по заявке.

Заявка должна быть подготовлена в виде файла в любом формате (Word, LibreOffice, PDF, txt). Список объектов может быть включен в тело заявки, а может быть приложен в виде отдельной таблицы в формате .xls, .ods или текстового файла в формате csv. Заявку следует направить по электронной почте по адресу комитета по распределению наблюдательного времени [tac@sai.msu.ru](mailto:tac@sai.msu.ru) cc [olgavoz@gmail.com](mailto:olgavoz@gmail.com) с темой «заявка на наблюдения с NBI/SAI2.5».

## Информация по заявке на втором этапе

На втором этапе, после приёма заявки комитетом, заявителем должна быть предоставлена информация в виде следующих таблицы:

1. Уточнённое название (<256 симв.) и автор заявки на английском языке, e-mail ответственного за редактирование списка объектов и измерений и за обработку данных (не заявителя! Эта информация нужна уже для обмена данными), и общее резюме заявки (на русском) в виде краткого описания совокупности объектов, что в них и как измеряется и общих указаний к проведению наблюдений (не более 1500 символов), для просмотра координатором программ и оператором телескопа.

2. Список заданий на наблюдения объектов и соответствующих необходимых условий их наблюдений (по экстинкции, стабильности прозрачности, уровню фона неба, качеству изображений), приблизительная периодичность наблюдений (если для объекта не даётся информация по п.3 ниже) и общего их количества. Указывается необходимость связи наблюдений научных объектов с калибровочными (стандартами). Связанные объекты или точки наведения указываются в той же таблице в отдельных строках, но под тем же номером задания, что и основной объект. Калибраторы могут быть указаны заявителем в явном виде, (стандарты или звёзды сравнения или ассоциированные объекты), или подобраны динамически (во время наблюдений) из ранее введённых для прибора списков стандартов, в этом случае в поле имени объект пишется название списка (например — STD\_PHOT для фотометрических стандартов Ландольта), а в поле координат — слово «NAM» для подбора стандарта по ближайшей воздушной массе или «NDI» для ближайшего по расстоянию. Экспозиции для них в этом случае подбираются по опыту измерений, без участия заявителя. Для таких стандартных наблюдений калибраторов затрачиваемое на них время не нужно учитывать в общем времени, необходимом на выполнение программы, а данные будут доступны для обработки измерений по другим программам.

3. Списки интервалов времени, в которые в планируемый период наблюдений необходимо проводить наблюдения заданий из основного списка по предыдущему пункту. Эти интервалы обычно рассчитываются для периодических объектов — переменных и тесных двойных звёзд. В каждый интервал предполагается выполнить одно наблюдение (или мониторинг), если периодичность наблюдений не указана по п.2 выше.

4. Списки измерений для заданий, в выбранных режимах и полосах и с указанием максимальных экспозиций и/или минимальных отношений сигнал/шум, которые нужно достигнуть.

Эти таблицы необходимы для точного расчёта бюджета времени и импорта в базу данных планирования наблюдений на 2.5-метровом телескопе ГАИШ и диктуются форматом таблиц этой базы — смотрите формат и пример для импорта в <https://docs.google.com/spreadsheets/d/17mkTrlKqXKtRSjCGAKkyxBXRdj06LzAkb0oyF66P--U/edit?usp=sharing>. Точный состав измерений и режимов может быть оптимизирован с PI инструмента (NBI: Возякова О.В., [olgavoz@gmail.com](mailto:olgavoz@gmail.com)).

Карты окрестностей для наведения телескопа не нужны, но для страховки можно дать картинку размещения в поле зрения объект и звёзд сравнения (см. выше про особенности детектора и средства Aladin).

Составители : О.В.Возякова, И.И.Антохин, Н.И.Шатский (комментарии высылать на [kolja@sai.msu.ru](mailto:kolja@sai.msu.ru))