

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

*Транзиентный Двухлучевой Спектрограф*

*Версия 13 апреля 2021*

## 1. Введение

В настоящей инструкции описан процесс подачи заявки на выполнение длинноцелевых спектральных наблюдений с низкой разрешающей силой с 2.5-метровым телескопом ГАИШ МГУ имени М.В. Ломоносова, установленном на Кавказской горной обсерватории ГАИШ. Они выполняются со спектрографом TDS, установленным в фокусе Кассегрена в постоянном дежурном режиме и предназначенным для спектроскопии и спектрофотометрии точечных и протяжённых слабых источников.

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` 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 TDS

Длина щели спектрографа 3 минуты дуги, ширина рабочей щели — 0.1 мм (0.97"), спектрофотометрической — 1 мм (9.7"). Спектр снимается одновременно в двух диапазонах двумя камерами — в канале **B** от 360 до 577 мкм и в канале **R** от 567 до 746 мкм с разрешающей силой 1300 и 2500, соответственно. В синем канале также доступен режим с удвоенной дисперсией (полоса **G** с диапазоном 430-543 мкм и разрешающей силой 2600). Спектрограф снабжён зацелевым подсмотром и калибровочным блоком для калибровки щели и «плоского поля» и калибровки по длине волны. Поле зрения подсмотра в диаметре 3 минуты дуги и позволяет видеть объекты до 17<sup>й</sup> величины (с некоторыми внеосевыми искажениями).

Подробное описание спектрографа приведено в статье Потанина и др., Письма в *Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика*, издательство Наука (М.), том 46, № 12, с. 894-912

(<https://istina.msu.ru/download/365857073/1WGFV:4W0Q2OVSjp6f8wuuah4RHHmIqC/>).

Актуальная информация и новости прибора помещаются на сайте

<http://lnfm1.sai.msu.ru/kgoinstruments/tds/> (см. также <http://arca.sai.msu.ru/filters?ics=TDS>).

## Экспозиции

Спектры выполняются в режиме LONG с экспозиции длиной от 0.2 сек до 20 минут (сверхкороткие выдержки используются для калибровок по дневному небу и специальных задач). Вопросы световой эффективности и вытекающие шумовые характеристики спектров рассмотрены в статье выше. Для приблизительных оценок там описаны следующие факторы:

1. реперные величины звёзд типа A0V, дающие сигнал в 1 фотоэлектрон экстрагированного спектра за 1 секунду экспозиции без учёта атмосферы:  $\text{mag1 (B)} = 17.6^m$ ,  $\text{mag1 (G)} = 16.8^m$ ,  $\text{mag1 (R)} = 17.2^m$ .
2. Для поправки за атмосферное поглощение нужно внести коррекцию за экстинкцию с ожидаемой воздушной массой объекта (определяемой обычно склонением для экваториальных или южных объектов) и средними коэффициентами экстинкции: в канале R  $\sim 0.15^m$ , G  $\sim 0.25^m$ , B  $\sim 0.3^m$ .
3. При щелевых (не спектрофотометрических) наблюдениях надо учитывать потери на щели (30-60% в зависимости от качества изображений), а для совсем слабых ( $> 18^m$ ) объектов также появляются неопределённые потери от неточности центрирования объекта на щели и ухода его с щели при длинной экспозиции.
4. Шум считывания на рабочей скорости оцифровки 3.1 электрона. Дисперсия темного шума сравнивается с шумом считывания на экспозиции порядка 30 минут.

Предельной звёздной величиной измеряемых объектов можно считать  $V=20$ .

## Накладные расходы

В расчёт бюджета потребного наблюдательного времени 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 — 4 с;
4. Время на ввод-вывод подсмотра, смену дисперсора — 3 с;

5. Время ввода-вывода зеркала переброса света от калибровочного источника и перехода с/на режим прямых снимков с ПЗС-фотометром NBI — 20 с.

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 TDS/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 (если не однократное измерение), требуемое отношение сигнал/шум в получаемых спектрах в максимуме чувствительности канала или на конкретной длине волны. Информация для оценки времени экспозиций дана выше.
  2. Общая оценка количества и продолжительности измерений в часах, полученная суммированием произведений числа наблюдений, отдельных измерений (в т.ч. при разных позиционных углах, если такое требуется) и экспозиций для полос R+B или R+G. 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. Специфические для TDS параметры — требуемые разрешающие силы (каналы RB или RG), ширина щели (1asec, 10asec или open) и позиционный угол щели. В PA указать «Z», если щель надо ставить вертикально для уменьшения влияния атмосферной дисперсии.
5. 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

ОБЪЕКТ	RA2000	DEC2000	Bmag	Vmag	Class	Chan	Slit	PA, deg	Nobs	Time, h	Комментарий
RW Aur	05 07 49.57	+30 24 05.2	14.0	12	YSO K1	BR	1asec	Z	10	20	Периодические оценки профилей линий
						GR	10asec	Z	3	3	Спектры 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%), когда можно выполнять спектрофотометрические привязки получаемых данных по спектрофотометрическим стандартам для получения абсолютных потоков в единицах [эрг/А/см<sup>2</sup>/с].

6. Как предполагается обрабатывать данные: самостоятельно, с привлечением к выполнению проекта специалиста по обработке спектров ГАИШ (А. В. Додин, [samsebedodin@gmail.com](mailto:samsebedodin@gmail.com)), или достаточна стандартная обработка универсальным конвейером, описанным в статье; 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 долгосрочных

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 [potanin@sai.msu.ru](mailto:potanin@sai.msu.ru) с темой «заявка на наблюдения с TDS/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 спектрофотометрии или теллурическими). 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\_TELLURIC\_A0V для теллурических стандартов или STD\_SED для спектрофотометрических стандартов ESO), 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 комбинациях полос (RB, RG) 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/17mkTrlKqxKtRSjCGAKkuxBXRdj06LzAkb0oyF66P--U/edit?usp=sharing>. Точный состав измерений и режимов может быть оптимизирован с PI инструмента (TDS: Потанин С.А., [sr.potantin@gmail.com](mailto:sr.potantin@gmail.com)) или специалистом по обработке (Додин А.В., [samsebedodin@gmail.com](mailto:samsebedodin@gmail.com)).

Карты окрестностей для наведения телескопа не нужны, но для страховки можно дать картинку размещения в поле зрения объекта и требуемую ориентацию щели.

Составители : Н.И.Шатский, А.В.Додин, С.А.Потанин (комментарии высылать на [kolja@sai.msu.ru](mailto:kolja@sai.msu.ru))