

**Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
Астрокосмический центр
Научный совет по астрономии РАН**

Конференция
Звездообразование
и
планетообразование
Москва, АКЦ ФИАН,
10 – 11 ноября 2020, онлайн

Организационный комитет:
Е.О. Васильев,
М.С Кирсанова,
Ю.А. Щекинов

Москва 2020

Программа конференции

Вторник 10 ноября

09:55 Открытие

10:00 ДД Соколов (МГУ, ИЗМИРАН), Динамо и магнитные поля в джетах

10:30 СА Хайбрахманов (УрФУ, ЧелГУ), АЕ Дудоров (УрФУ, ЧелГУ),
Магнитостатическое равновесие аккреционных дисков звезд типа Т Тельца

11:00 перерыв на кофе

11:20 НС Каргальцева (УрФУ, ЧелГУ), АЕ Дудоров (УрФУ, ЧелГУ), СА Хайбрахманов (УрФУ, ЧелГУ), СЮ Парфенов (УрФУ), Эволюция углового момента коллапсирующих протозвездных облаков с магнитным полем

11:40 МА Булдаков (АКЦ ФИАН), Взаимосвязь турбулентности и меры вращения в изотермических аккреционных дисках

12:00 – 13:30 перерыв на обед

13:30 МА Щуров (АКЦ ФИАН), ИЕ Вальтц (АКЦ ФИАН), НН Шахворостова (АКЦ ФИАН), РАДИОАСТРОН. Мазерные линии H₂O и протопланетная система в темной отражательной туманности NGC 2071” – 15

13:50 ОЛ Рябухина (ИНАСАН), МС Кирсанова (ИНАСАН), Исследование волокна WB 673 в радиолиниях аммиака

14:10 Л Максимова (ИНАСАН), Долговременная эволюция конвективно-неустойчивого протопланетного диска

14:30 МА Щуров (АКЦ ФИАН), АГ Рудницкий (АКЦ ФИАН), РАДИОАСТРОН. Экспресс-программа LINEVIEWER для первичной обработки

14:50 П Землянуха (ИПФ РАН), ЛЕ Пирогов (ИПФ РАН), Сравнение эффективности вписывания сложных моделей методом цепочек Маркова-Чейна и методом снижения размерности модели

15:10 перерыв на кофе

15:30 СА Дроздов (АКЦ ФИАН), Диагностика этапов жизни звёздных скоплений в ИК диапазоне

ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЕ И ПЛАНЕТООБРАЗОВАНИЕ

15:50 ЕО Васильев (ЮФУ), ЮА Щекинов (АКЦ ФИАН), ВВ Коваль (ЮФУ),
Звездообразование при взаимодействии сверхоболочек в карликовых галактиках

16:10 В Клименко (ФТИ) Исследования физических условий диффузной фазы МЗС
на основе анализа спектров молекул H_2 и CO

16:30 ЮА Щекинов (АКЦ ФИАН), ЕО Васильев (ЮФУ), СА Дроздов (АКЦ ФИАН), ББ
Натх (Raman Research Institute), История ЗО в галактике GN-z11

Среда 11 ноября

09:30 МА Кирсанова (ИНАСАН) Поиск горячего газа в областях образования
массивных звезд в области RCW120

09:50 П Боли (МФТИ) Ассиметричный джет молодого звёздного объекта Th 28

10:10 ВВ Журавлёв (МГУ), "Динамическая роль пыли в формировании молекулярных
облаков"

10:30 перерыв на кофе

11:00 С Каленский (АКЦ ФИАН), Первые результаты проекта GOTHAM

11:30 ИИ Зинченко (ИПФ РАН), Сжимающаяся оболочка вокруг массивной
протозвезды в S255IR-SMA1

11:50 АП Топчиева (ИНАСАН), Доля ПАУ в комплексах звездообразования галактики
M33

12:10 Т Молярова (ИНАСАН), Э Воробьев, В Акимкин, А Скляревский, Д Вибе,
М Гюдель, Моделирование динамики летучих соединений в протопланетных дисках

12:30 перерыв на обед

13:30 АФ Пунанова, ИВ Петрашкевич, Фракционирование дейтерия в дозвёздных
ядрах в области звездообразования L1688

13:50 АИ Буслаева, МС Кирсанова (ИНАСАН), АФ Пунанова (УрФУ), Этинил вокруг
областей III S255 и S257*

14:05 ЕА Михайлов (МГУ), Осесимметричные магнитные поля и материальные
рукава галактик

14:20 Т Хасаева (МГУ), Генерация крупномасштабных магнитных полей в галактиках
при случайных начальных условиях

14:35 перерыв на кофе

Специальная сессия “Проект Миллиметрон и развитие миллиметровой астрономии в РФ”

14:45 ИИ Зинченко (ИПФ РАН), Возможности исследований МЗС на космической обсерватории "Миллиметрон"

15:15 АФ Пунанова (УрФУ), Программа научного направления Water trail для космического телескопа Миллиметрон

15:45 ВИ Шематович (ИНАСАН), Солнечная система с точки зрения космической обсерватории Миллиметрон

16:15 перерыв на кофе

16:30 АВ Лапинов (ИПФ РАН), СА Лапинова, Л.Ю. Петров, Результаты анализа астроклимата в местах возможного строительства новых мм-субмм обсерваторий

17:00 ВБ Хайкин (САО РАН), О проекте Евразийских субмиллиметровых телескопов (ESMT (ИПФ РАН))

17:30 А. М. Соболев (УрФУ), M2O (Maser Monitoring Organisation) - современная форма научной кооперации в области астрономии

17:50 Закрытие конференции

Тезисы докладов

П Боли (МФТИ)

Асимметричный джет молодого звёздного объекта Th 28

У молодого звёздного объекта Th 28 наблюдается коллимированный джет с асимметричными компонентами. Причина данной асимметричности, возможно, заключается в разных физических условиях, таких как электронная плотность, температура, и скорость истечений. В данной работе исследуется происхождение этой асимметричности при помощи наблюдений области запуска джета с высоким разрешением в ближнем инфракрасном диапазоне с использованием спектроскопии интегрального поля с прибора SINFONI на телескопе ESO/VLT. На полученных кадрах видна эмиссия газа на расстояниях до нескольких угловых секунд от центрального объекта, построены карты температуры возбуждения и поглощения на основе эмиссии в линиях H2 и Fe.

М.А. Булдаков (АКЦ ФИАН)

Взаимосвязь турбулентности и меры вращения в изотермических аккреционных дисках

Аккреционные диски являются широко распространенными астрофизическими объектами. Считается, что основной механизм генерации турбулентности и переноса момента импульса в аккреционных дисках связан с магниторотационной неустойчивостью (MRI). Многие работы по численному моделированию дисков посвящены изучению турбулентности и потоков газа из диска. Данные характеристики диска сильно зависят от магнитных полей. Магнитные поля могут быть экспериментально измерены с помощью меры вращения (RM). Представляет интерес вопрос о возможности изучения турбулентных характеристик диска на основе наблюдательных данных. В данной работе изучается уровень корреляций между α -параметром турбулентности, потоком массы из диска и мерой вращения.

**АИ Буслаева (Институт астрономии РАН)
МС Кирсанова (Институт астрономии РАН)
АФ Пунанова (Институт астрономии РАН
Уральский федеральный университет)**

Этинил вокруг областей HII S255 и S257*

Представлены результаты наблюдений линий излучения этинила (C_2H) в направлениях на области HII S255 и S257 и молекулярное облако между ними. Получены радиальные профили яркости линий, лучевой концентрации и обилия молекул C_2H . Показано, что радиальный профиль обилия этинила имеет практически плоскую форму в направлениях на области HII. Обилие этинила выше в направлениях на области HII, чем в направлении на молекулярное облако примерно в пять раз. Вместе с тем обнаружено, что обилие этинила максимально в направлении на точечные источники в молекулярном облаке – звезды с эмиссионными линиями либо рентгеновским излучением. Профили линий согласуются с предположением о наличии обеих областей HII передней и задней нейтральных стенок, которые движутся относительно друг-друга.

**ЕО Васильев (ЮФУ),
ЮА Щекинов (АКЦ),
ВВ Коваль (ЮФУ)**

Звездообразование при взаимодействии сверхоболочек в карликовых галактиках

В видимых плашмя (face-on) галактиках наблюдаются многочисленные пузыри или сверхоболочки, сформированные вспышками сверхновых и ветром от массивных звезд. Некоторые из оболочек взаимодействуют между собой. Численно рассматривается процесс столкновения сверхоболочек, образованных множественными вспышками сверхновых в галактическом диске. Исследованы тепловые свойства газа и условия звездообразования при взаимодействии сверхоболочек. Обсуждаются изменения эмиссионных характеристик ионизованного газа в зависимости от параметров столкновения и условий в диске.

ВВ.Журавлев (МГУ)

Динамическая роль пыли в формировании молекулярных облаков

Гравитационная неустойчивость газопылевой среды рассмотрена с учетом возможного дрейфа пылевой компоненты относительно газовой. Показано, что в таком случае среда гравитационно неустойчива на масштабах меньше джинсовской длины волны, причем темп роста малых возмущений в единицах обратного времени свободного сжатия на джинсовской длине волны есть корень кубический из произведения массовой доли пыли и безразмерного времени торможения пылинок, взятого также в единицах времени свободного сжатия. Дополнительно рассматривается гравитационная неустойчивость газопылевой среды с учетом постоянного дрейфа пыли под воздействием излучения от окружающих звезд. Новые неустойчивости могут способствовать гравитационному сжатию холодного межзвездного газа в молекулярные облака, а также формированию областей суб-джинсовского масштаба с повышенным содержанием пыли.

СА Дроздов (АКЦ)
ЕО Васильев (ЮФУ & АКЦ)
ЮА Щекинов (АКЦ)

Диагностика этапов жизни звёздных скоплений в ИК диапазоне

Описывается методика определения возраста скоплений с помощью диаграмм "цвет--цвет" в ИК диапазоне. Различные стадии жизни скопления по разному проявляются в воздействии, оказываемом скоплением на окружающую газо-пылевую оболочку. Нагрев УФ квантами и впоследствии (после подрыва первых сверхновых звёзд) сильными ударными волнами будет по разному нагревать пыль, что теоретически можно наблюдать в виде разных вкладов на коротких и длинных волнах в результирующем эмиссионном спектре.

**П Землянуха (ИПФ)
ЛЕ Пирогов (ИПФ)**

Сравнение эффективности вписывания сложных моделей методом цепочек Маркова Чейна и методом снижения размерности модели

В докладе будут рассмотрено два подхода с вписыванием сферически-симметричной модели в линиях HCO^+ и H^{13}CO^+ (1-0) по наблюдениям в источнике W42-MMЕ (ALMA). Один из них - широко используемый подход с вычислением цепочек Маркова-Чейна методом Монте Карло, второй - метод, включающий снижение размерности модели, предлагаемый авторами. Будут также рассмотрены плюсы и минусы каждого из методов.

С Каленский (АКЦ)

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА GOTHAM

Обнаружение бензонитрила ($c\text{-C}_6\text{H}_5\text{CN}$) в темном облаке TMC-1 показало, что ароматические молекулы можно искать в подобных источниках. Поэтому в 2018 году на 100-м радиотелескопе обсерватории Грин Бэнк был запущен проект GOTHAM (GBT Observations of TMC-1: Hunting Aromatic Molecules). Предполагается провести высокочувствительный обзор цианополиинового пика (CPP) в облаке TMC-1 и установить молекулярный состав этого источника. Ожидается, что будут обнаружены новые ароматические молекулы и их предшественники. В докладе демонстрируются результаты, полученные на первом этапе проекта.

Литература

1. McCarthy, Michael C. et al., 2020, arXiv:2009.13546 "Interstellar detection of the highly polar five-membered ring cyanocyclopentadiene"
2. Loomis, Ryan A. et al., 2020, arXiv:2009.11900, "An Investigation of Spectral Line Stacking Techniques and Application to the Detection of HC11N"
3. McGuire, Brett A., et al., arXiv:2008.12349, "Early Science from GOTHAM: Project Overview, Methods, and the Detection of Interstellar Propargyl Cyanide (HCCCH_2CN) in TMC-1"
4. Xue, Ci et al., 2020, arXiv:2008.12345, "Detection of Interstellar HC4NC and an Investigation of Isocyanopolyne Chemistry under TMC-1 Conditions"

НС Каргальцева (ЧелГУ, УрФУ)
АЕ Дудоров (ЧелГУ, УрФУ)
СА Хайбрахманов (УрФУ, ЧелГУ)

**Эволюция углового момента коллапсирующих протозвездных облаков
с магнитным полем**

Выполняется численное моделирование изотермического коллапса магнитных вращающихся протозвездных облаков массой 1 и 10 масс Солнца в широком диапазоне начальных тепловой, магнитной и вращательной энергий. Расчеты показывают, что в процессе изотермического коллапса формируется иерархическая структура облака: сплюснутая оболочка облака содержит магнитостатический первичный диск, внутри которого в дальнейшем формируется первое гидростатическое ядро. Угловой момент накапливается на границе первичного диска и отводится в оболочку за счет магнитного торможения. Полный угловой момент облака уменьшается на 5 – 30% в зависимости от отношения энергий магнитной к вращательной. Обсуждаются наблюдательные проявления первичных дисков как уплотненных оболочек молодых звездных объектов класса 0.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 19-72-10012).

МС Кирсанова (ИНАСАН)

**Поиск горячего газа в областях образования
массивных звезд в области RCW120**

Работа посвящена поиску горячего газа в двух массивных молекулярных сгустках (RCW120 Core 1 и Core 2) на границе области III RCW120. Примечательно, что сгусток Core 2 долгое время считался прототипом прото-звездного объекта класса 0 в теории образования массивных звезд. В докладе представлены результаты наблюдений этих объектов в линиях молекул CH₃OH, CH₃CN и др., которые использовались для определения их эволюционного статуса. Показано, что несмотря на наличие молекулярного излучения, возникающего в горячем газе, стадия горячего ядра совсем недавно начала развиваться в сгустке Core 2.

В Клименко (ФТИ)

**Исследования физических условий диффузной фазы МЗС
на основе анализа спектров молекул H₂ и CO**

Представлены результаты анализа физических условий в диффузной и полупрозрачной фазе межзвездной среды (плотность газа, кинетическая температура, интенсивность УФ фона) в локальных галактиках и галактиках далекой Вселенной. Измерения основаны на анализе наблюдаемых населенностей вращательных уровней молекул H₂ и CO, и уровней тонкой структуры атомарного углерода C I.

**АВ Лапинов (ИПФ РАН, Мининский университет)
СА Лапинова (ННГУ им. Н.И.Лобачевского, НИУ ВШЭ)
ЛЮ Петров (NASA)**

**Результаты анализа астроклимата в местах возможного строительства новых
мм-субмм обсерваторий**

Выполнены расчеты прозрачности атмосферы от см до субмм диапазонов длин волн для более чем 40 мест земного шара за период с 2007 г. по настоящее время на основе имеющихся метеоданных. Анализируемые места охватывают большую часть современных действующих обсерваторий, а также планируемых. В частности показано, что на полигонах Шорбулак, Колуч-Куль и Музтаг-Ата на Восточном Памире прозрачность атмосферы практически всегда лучше, чем на обсерваториях Пико Велета в Испании и LMT в Мексике, а в зимнее время существенно превосходит условия на обсерваториях APEX и ALMA. Приводится сравнение астроклимата на Памире с условиями на планируемых обсерваториях в Тибете, существующих обсерваториях на Гавайях, местах возможного строительства обсерваторий на Арагаце, Терсколе, Суффе. Для ряда мест приводятся результаты сравнения астроклимата, рассчитанного по метеоданным, с данными о прозрачности атмосферы из радиоастрономических измерений и атмосферных разрезов.

Л Максимова (ИНАСАН)

Долговременная эволюция конвективно-неустойчивого протопланетного диска

Работа посвящена исследованию роли конвекции как возможного фактора в обеспечении эпизодической аккреции в протопланетных дисках. В рамках модели вязкого аксиально-симметричного диска, проанализирован характер аккреции при различных темпах притока вещества из оболочки и различных областях питания диска. Показано, что вспышечный режим возникает в широких диапазонах параметров. Также промоделирована долговременная эволюция диска, включающая в себя ослабевающий со временем приток вещества из оболочки. Продемонстрировано, что диск становится конвективно-неустойчивым и обеспечивает вспышечный режим аккреции на звезду на протяжении нескольких млн. лет. При этом неустойчивость охватывает область в несколько десятков астрономических единиц и со временем постепенно сокращается. Показано также, что на ранних этапах эволюции диска возникают условия для гравитационной неустойчивости во внешних частях диска и для испарения пыли в конвективно-неустойчивых внутренних областях. Общий вывод работы состоит в том, что конвекция может быть одним из механизмов эпизодической аккреции в протозвездных дисках, но этот вывод нуждается в проверке на базе более согласованных гидродинамических моделей.

ЕА Михайлов (МГУ)

Осесимметричные магнитные поля и материальные рукава галактик

Существование магнитных полей галактик имеет различные наблюдательные подтверждения и в настоящий момент практически не вызывает сомнений. Предполагается, что их генерация обусловлена действием механизма динамо, связанного с дифференциальным вращением и закрученностью турбулентных движений. Поскольку рост магнитного поля обусловлен переходом энергии турбулентных движений в энергию поля, первые работы предполагали, что наибольшие значения полей должны ассоциироваться с материальными рукавами, где присутствует активное звездообразование, а турбулентность достаточно интенсивна. Вместе с тем, дальнейшие наблюдательные исследования привели к обнаружению большого числа объектов, магнитные поля в которых являются осесимметричными, а иногда и вовсе усиливаются в областях между материальными рукавами. В настоящей работе с помощью планарного приближения в галактическом динамо показано, что возникновение осесимметричных полей не только возможно, но и является наиболее вероятным сценарием эволюции магнитного поля. Это связано с величинами собственных значений, соответствующих осесимметричным и неосесимметричным решениям, а также особенностями диссипации крупномасштабных структур.

**Т Молярова (ИНАСАН)
Э Воробьев, В Акимкин, А Складневский, Д Вибе, М. Гюдель**

Моделирование динамики летучих соединений в протопланетных дисках

Помимо газа и пыли, важным компонентом вещества протопланетных дисков являются летучие соединения. В зависимости от условий в среде, они могут либо находиться в газовой фазе, либо оседать в виде льда на поверхность пылинок, образуя ледяные мантии, которые могут оказывать влияние на эволюцию пыли. В частности, согласно лабораторным исследованиям покрытые льдом пылинки меньше подвержены фрагментации. В данной работе моделируется динамика ледяных соединений в протопланетном диске с эволюционирующей пылью. Для этого используется двумерный гидродинамический код FEOSAD, которая позволяет моделировать диск с момента коллапса облака и включает в себя двухкомпонентную модель динамики и роста пыли. В код был добавлен модуль эволюции летучих соединений (H_2O , CO_2 , CH_4 , CO), учитывающий влияние ледяных мантий на фрагментационные свойства пыли. Проведённые расчёты показывают сложное распределение льдов в диске: присутствие нескольких линий льдов для каждой молекулы, накопление летучих соединений рядом с линиями льдов. Состав и толщина ледяных мантий на двух населенных пылинках меняются по диску и эволюционируют со временем.

ДД Соколов (МГУ, ИЗМИРАН)

Динамо и магнитные поля в джетах

Магнитные поля в дисках спиральных галактик хорошо известны наблюдательно. Работа динамо в дисках спиральных галактик хорошо изучена. Она основана на совместном действии дифференциального вращения и эффектов зеркальной асимметрии межзвездной турбулентности. Другим примером магнетизма в мире галактик являются магнитные поля в джетах, которые тоже изучены наблюдательно. Естественно задуматься о том, насколько представление о динамо применимо к галактическим джетам. Оказывается, что динамо может работать и во вращающихся струях. Этот процесс требует, как обычно в динамо, двух видов движений. Одним из этих движений является, как обычно, дифференциальное вращение, однако другим неожиданно оказывается не спиральность (альфа-эффект) а турбулентная диффузия. Исторически эта схема работы динамо называется динамо Пономаренко по имени предложившего ее полвека назад отечественного физика. В докладе дается обзор теоретических результатов о динамо в струях. Отмечается, что большинство имеющихся экспериментов по лабораторным динамо тоже в той или иной степени восходит к схеме динамо в струях.

А Топчиева (ИНАСАН)

Доля ПАУ в комплексах звездообразования галактики М33

Изучение образования массивных звезд в других галактиках является одной из возможностей расширить информацию, полученную при исследовании областей звездообразования в нашей Галактике. В данной работе в качестве объекта исследования выбрана близкая галактика М33, видимая почти плашмя, что делает ее удобной для выделения отдельных областей звездообразования. Также М33 по своей структуре и характеристикам подобна галактике Млечный путь. В работе потоки излучения 258 комплексов звездообразования в М33 сравниваются с аналогичными потоками комплексов звездообразования в других галактиках. Проведен теоретический расчет распределения полициклических ароматических углеводородов с использованием программы DustEM.

**СА Хайбрахманов (УрФУ, ЧелГУ)
АЕ Дудоров (ЧелГУ, УрФУ)**

Магнитостатическое равновесие аккреционных дисков звезд типа Т Тельца

Исследуется магнитостатическое равновесие аккреционных дисков с крупномасштабным магнитным полем. В качестве базовой используется модель аккреционных дисков Дудорова и Хайбрахманова. Численные расчеты показывают, что, в зависимости от условий на поверхности диска, вертикальный градиент магнитного давления может приводить как к утолщению, так и к поджатию диска вне «мертвой» зоны, которая при типичных параметрах для звезды типа Т Тельца солнечной массы простирается от $r=0.3$ а.е. до $(10-20)$ а.е. Внутри «мертвой» зоны омическая диффузия препятствует генерации магнитного поля, и магнитное поле не влияет на вертикальную структуру аккреционного диска. Обсуждаются наблюдательные следствия полученных результатов. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-02-01067).

**ТТ Хасаева (Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова)
ЕА Михайлов (Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова)**

**Генерация крупномасштабных магнитных полей в галактиках
при случайных начальных условиях**

В некоторых галактиках, таких как, например, Млечный Путь, наблюдения подтверждают существование крупномасштабных магнитных полей. Их генерация обусловлена механизмом динамо, основанным на альфа-эффекте, описывающем турбулентные движения межзвездного вещества, и дифференциальном вращении самой галактики. Кроме того, в галактиках существует мелкомасштабное поле, которое генерируется в небольших «доменах» галактического диска и имеет случайное направление и величину.

Мелкомасштабные магнитные поля, по-видимому, играют роль «затравки» для крупномасштабных полей. Поскольку эти поля являются случайными, представляет интерес рассмотрение соответствующих начальных условий при решении уравнений динамо. В представленной работе изучается, каким образом они могут влиять на характер эволюции крупномасштабного поля, и какие принципиальные отличия данный режим генерации имеет по сравнению с детерминированными начальными условиями. Отдельный интерес представляет возможность возникновения инверсий галактических магнитных полей, когда в разных точках галактики поле имеет противоположное направление.

Литература

1. Moss, D., Sokoloff, D. 2013, *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*, 107, p. 497–505
2. Steenbeck, M., Krause, F., Rädler, K.H., 1966 *The Turbulent Dynamo. A translation of a series of papers by F. Krause, K.-H. Rädler, and M. Steenbeck*, p.29–47

ВБ Хайкин (САО РАН)

**МК Лебедев, ВЕ Шмагин, ВС Эдельман, ГВ Якопов, ИИ Зинченко, ВФ Вдовин,
ГМ Бубнов, G Marchiori, M Tordi, R Duan, Di Li**

О проекте Евразийских СубМиллиметровых Телескопов (ESMT)

В настоящее время круг возможных научных задач для крупного телескопа мм/субмм диапазона значительно расширился: от исследований звездообразования во Вселенной и поиска новых химических соединений в космосе, включая сложные органические молекулы, до поиска эффекта Сюняева — Зельдовича в скоплениях галактик и первичных (космологических) молекул ранней Вселенной. Новые задачи в субмиллиметровой астрономии требуют инструментов с сочетанием высокой чувствительности, углового разрешения, широкого поля зрения и многоволнового (многоцветного) спектрального диапазона. Новые крупные одиночные мм/субмм телескопы сегодня как никогда востребованы, равно как их включение в РСДБ Event Horizon Telescope (ЕНТ) для исследования сверхмассивных черных дыр в центрах галактик в диапазоне 230–450 ГГц. В то же время в Азии вообще нет крупных мм/субмм телескопов, а соответствующие подходящие высокогорные площадки для их размещения существуют, и появление новых крупных мм/субмм телескопов в Азии или Евразии давно назрело. Это значительно увеличит возможности ЕНТ и позволит получать более качественные изображения горизонта событий сверхмассивных черных дыр. Концепция проекта Евразийских Субмиллиметровых Телескопов (ESMT) предполагает строительство трех новых мм/субмм телескопов класса 21 м, расположенных в Суффе, Узбекистан (2500 м над уровнем моря), в России (выше 3000 м над уровнем моря) и на Тибете, Китай (выше 4000 м над уровнем моря). Концепция ESMT была разработана специалистами САО РАН, ИПФ РАН и NАОС совместно с EIE Group (www.eie.it). В ней было предложено взять за основу и масштабировать хорошо отлаженную высокостабильную прецизионную конструкцию европейских антенн ALMA (12 м), но дополнить «активной поверхностью» и третичной оптикой, включая адаптивную оптику. Механическое и тепловое моделирование, выполненное в EIE Group, показало возможность масштабирования телескопа ALMA до диаметра 20–21 м, но при условии оптимизации оптической схемы и ферменного каркаса. Оптимальное число активных сегментов поверхности 96, актуаторов — 129. Каждый активный сегмент состоит из 4–6 пассивных плит размером не более 500x500 мм. Ожидаемая точность поверхности главного зеркала ESMT ~ 20 мкм (СКО) и ~ 15 мкм (СКО) в диаметре 15 м. Верхний диапазон частот ESMT в условиях плато Суффа (2500 м) составляет 300 ГГц, в высокогорных условиях России (выше 3000 м) — 230 ГГц, в условиях нагорья Тибет — 850 ГГц (Yangbajing, 4300 м), — 950 ГГц (Ali1, 5100 м), — 1.5 ТГц (Ali2, 6100 м). Ранее совместная исследовательская группа ИПФ РАН и НГТУ создала оборудование, разработала методики и с 2012 года занималась поиском возможных площадок для нового мм/субмм телескопа в Евразии. Приводятся результаты измерения осажденной воды на разных сайтах. Поставленные цели требуют разработки нового поколения многоцветных приемных камер предельной чувствительности с большим количеством детекторов (10^4 – 10^6). Одной из возможных технологий, подходящих для таких задач является архитектура детектора кинетической индуктивности (KID) из-за ее высокой плотности мультиплексирования по сравнению с предыдущими

архитектурами детекторов (TES). Для спектральных задач может использоваться внешний квазиоптический широкоапертурный резонансный металло-сетчатый фильтр с полосой пропускания около 1% от центральной частоты спектрального диапазона детектора. Затем поддиапазоны шириной до 500 МГц, выбранные в пределах полосы пропускания фильтра, могут быть проанализированы с помощью Фурье-спектрометра в составе цифровой части КИД-камеры. КИД требует глубокого охлаждения до 250 мК. Создание миниатюрных низкотемпературных криостатов сегодня возможно с помощью эффекта растворения с использованием технологии криогенной абсорбционной откачки. В этих приборах охлаждение миксера -ампулы, заполненной смесью гелия 3 и гелия 4 до 0.05 — 0.1 К достигается при циркуляции в ней гелия 3. Работы по созданию таких микрокриостатов растворения были начаты в Институте физических проблем им. П.Л. Капицы РАН (ИФП РАН) в начале 2000-х годов и завершились созданием уникальных компактных криостатов, работающих при низких температурах неподвижных механических узлов в полностью автономном режиме. Предложена концепция многоцветной МКИД демо-камеры MUSICAM и ее инструментального тестирования на телескопах БТА и Цейсс-2000. Приводятся варианты оптической схемы и третичной оптики ESMT, позволяющей в процессе работы телескопа поддерживать криостат с приемной камерой в вертикальном положении, чтобы обеспечить его работоспособность. Представлены характеристики качества изображения ESMT с широкоформатной КИД камерой (функция рассеяния точки, оптические фокальные пятна, число Штреля) в поле зрения до 10'x10'. Рассмотрены возможности использования активной и адаптивной оптики на ESMT. В настоящее время в развитии концепции проекта ESMT принимают участие специалисты CAO РАН, ИФП РАН, NAOC, ELEGROUP, ИНАСАН, ИФП РАН

**МА Щуров (АКЦ)
АГ Рудницкий (АКЦ)**

РАДИОАСТРОН. Экспресс-программа LINEVIEWER для первичной обработки данных

Представлено описание и демонстрация работы программы «LineViewer» , созданной в АКЦ ФИАН для ускорения и оптимизации корреляционной обработки данных наблюдений мазерных источников, выполненных в рамках проекта «Радиоастрон». Разработанная утилита позволяет быстро и наглядно корректировать частотную полосу телескопа как по измерениям континуумного излучения, так и методом аппроксимации полосы полиномами заданной степени. Использование методики «LineViewer» значительно сокращает количество циклов запуска коррелятора при обработке мазерных интерферометрических наблюдений и позволяет проводить поиск интерференционного лепестка для отдельно взятых спектральных каналов, тем самым оптимизируя процедуру поиска интерференционного отклика и установки необходимых задержек. Новизна программы «Lineviewer» состоит в том, что с ее помощью анализ промежуточного результата и его корректировка производятся практически в реальном времени и выдаются релевантные параметры для улучшения или обнаружения корреляции в спектральных линиях. Ценность данной работы состоит в существенной оптимизации процесса корреляции для сеансов мазерных интерферометрических наблюдений, и, как следствие, к ускорению предоставления доступа научному сообществу к наблюдательным данным. Работа программы демонстрируется на примере обработки данных наблюдений мазера H₂O в туманности NGC 2071.

**МА Щуров (АКЦ)
ИЕ Вальтц (АКЦ)
НН Шахворостова (АКЦ)**

РАДИОАСТРОН. Мазерные линии H₂O и протопланетная система в темной отражательной туманности NGC 2071

Сообщается о наблюдениях мазера H₂O в туманности NGC 2071, выполненных на наземно-космическом интерферометре «Радиоастрон» с использованием 10-м космического радиотелескопа (КРТ) и трехэлементной наземной сети, состоящей из 64-м радиотелескопа в г. Калязин (Московская область, Россия), 32-м радиотелескопа в г. Торунь (Польша) и 32-м радиотелескопа в г. Медичина (Италия). Наблюдения проводились на частоте мазера H₂O 22,2280 ГГц с полосой регистрации 16 МГц (~ 215 км/с). Наземно-космические базы интерферометра обеспечивали угловое разрешение 70 мксек (при максимальных проекциях баз ~3.1 ED, т.е. ~40000 км), синтезированный луч наземной сети составлял 0.006 x 0.0006 сек дуги (convolved size, P.A.= -23°), что соответствует угловому разрешению 1.2 мксек дуги. Лепестки обнаружены на всех наземных базах. Корреляция на уровне надежности 6σ была обнаружена на космической базе (2.9 ED) между радиотелескопами SRT-Medicina и SRT-Torun и только для одной спектральной детали на VLSR = 14.3 км/с. Получены изображения 13 мазерных пятен в 6 спектральных деталях кросс-спектров. Размер области, занимаемый этими компонентами, составляет ~(100x100) мксек дуги, или ~(40x40) а.е. при расстоянии до туманности 390 пк, т.е. примерно размер Солнечной системы. Анализ поведения функции видности в зависимости от проекций баз Космос-Земля и наземных баз для мазерного пятна на VLSR = 14.3 км /с показал, что наилучшее приближение достигается в двухкомпонентной модели, состоящей из двух составляющих мазерного излучения - протяженной и компактной (в предположении сферически симметричной структуры пространственных компонентов). Получены оценки размеров этих составляющих, соответственно: 1.56 а.е. (что сопоставимо с размером орбиты Земли) с погрешностью 30% и 0.023 а.е. (примерно размер небольших звезд типа Солнца) с погрешностью 50 %.