

Всероссийская астрономическая конференция - 2017  
«Астрономия: познание без границ»



## СБОРНИК ТЕЗИСОВ

Ялта – 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Приглашённые доклады</b>	<b>19</b>
МЕСТО И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАЗЕМНОЙ И ВНЕАТМОСФЕРНОЙ АСТРОНОМИИ В МИРОВОМ НАУЧНОМ ПРОГРЕССЕ . . . . .	20
<i>Балега Ю. Ю., Шустов Б. М.</i>	
АТМОСФЕРЫ ЭКЗОПЛАНЕТ . . . . .	20
<i>Бисикало Д. В.</i>	
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ НА 2.5-МЕТРОВОМ ТЕЛЕСКОПЕ МГУ . . . . .	21
<i>Черепашук А. М.</i>	
АКТИВНЫЕ ЯДРА ГАЛАКТИК В ПОЛЯРИЗОВАННОМ СВЕТЕ . . . . .	21
<i>Афанасьев В. Л.</i>	
НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАНЕТНОЙ КОСМОГОНИИ . . . . .	22
<i>Маров М. Я.</i>	
НОВЫЕ ВЫЗОВЫ В ФИЗИКЕ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК . . . . .	22
<i>Степанов А. В., Зайцев В. В.</i>	
НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР «РАДИОАСТРОН»: РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ . . . . .	23
<i>Кардашев Н. С., Ковалев Ю. Ю.</i>	
ГРАВИТАЦИОННО-ВОЛНОВАЯ АСТРОНОМИЯ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ . . . . .	23
<i>Постнов К. А.</i>	
РЕНТГЕНОВСКИЕ ОБЗОРЫ ВСЕГО НЕБА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. ОБСЕРВАТОРИЯ СПЕКТР-РЕНТГЕН-ГАММА . . . . .	23
<i>Сазонов С. Ю.</i>	
ОРГАНИЧЕСКАЯ ПЫЛЬ В ОБЛАСТЯХ ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЯ . . . . .	24
<i>Вибе Д. З.</i>	
ЛЁГКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЗВЁЗДАХ: ЗАГАДКИ И НЕРЕШЁННЫЕ ПРОБЛЕМЫ . . . . .	24
<i>Любимков Л. С.</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРАГЕРЦОВОЙ АСТРОНОМИИ В РОССИИ: КОСМИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ «МИЛЛИМЕТРОН» И КРУПНЫЙ НАЗЕМНЫЙ ТЕЛЕСКОП НА СУФФЕ . . . . .	25
<i>Пилипенко С. В., Кардашев Н. С.</i>	
НЕЙТРИННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОТ ВЗРЫВОВ СВЕРХНОВЫХ С КОЛЛАПСОМ ЯДРА. SN 1987A И ПОИСК НЕЙТРИННОГО СИГНАЛА ОТ СВЕРХНОВЫХ В ГАЛАКТИКЕ . . . . .	26
<i>Петков В. Б.</i>	
ПОЛЯРИМЕТРИЯ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ . . . . .	26
<i>Киселев Н. Н.</i>	
<b>I. Методы и инструменты</b>	<b>27</b>
АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ СПЕКТР-РЕНТГЕН-ГАММА, ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ . . . . .	28
<i>Павлинский М. Н.</i>	
МЕЖДУНАРОДНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ СУФФА . . . . .	28
<i>Вдовин В. Ф.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЯ АСТРОКЛИМАТА В СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РАН . . . . .	29
<i>Лукин В. П., Носов В. В., Носов Е. В., Торгаев А. В., Афанасьев В. Л., Балега Ю. Ю., Власюк В. В., Панчук В. Е., Якопов Г. В.</i>	
КОСМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ «МИЛЛИМЕТРОН». ТЕКУЩИЙ СТАТУС РАБОТ . . . . .	30
<i>Смирнов А. В., Кардашев Н. С., Бабакин Н. Г., Мышонкова Н. В., Федорчук С. Д., Голубев Е. С., Архипов М. Ю., Виноградов И. С., Лихачев С. Ф., Барышев А. М., Вдовин В. Ф., de Graauw M. W. M., Космович Т. А., Пилипенко С. В., Шитилов Г. В., Халиманович В. И.</i>	
ЭШЕЛЬНЫЙ СПЕКТРОГРАФ ВЫСОКОГО СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ С ОПТОВОЛОКОННЫМ ВХОДОМ ДЛЯ БТА . . . . .	30
<i>Валявин Г. Г.</i>	
СОЛСИТ – СОЛНЕЧНЫЙ СИНОПТИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНЕТИЗМА СОЛНЦА И КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ . . . . .	31
<i>Демидов М. Л., Григорьев В. М., Ретюнский Л. Б., Скоморовский В. И., Денисенко С. А., Пименов Ю. Д., Липин Н. А.</i>	

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ ДЛЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕЛЕСКОПА . . . . .	32
<i>Лукин В. П., Антошкин Л. В., Большасова Л. А., Борзилов А. Г., Ботыгина Н. Н., Емалеев О. Н., Ковадло П. Г., Колобов Д. Ю., Коняев П. А., Копылов Е. А., Кудряшов А. В., Лавринов В. В., Лавринова Л. Н., Сазонова П. В., Семин А. А., Чутраков С. А., Шиховцев А. Ю., Григорьев В. М.</i>	
1-М ТЕЛЕСКОП ШМИДТА БЮРАКАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ . . . . .	33
<i>Котов С. С., Додонов С. Н., Мавсесян Т. А., Геворгян М. Г.</i>	
ПРЕЦИЗИОННОЕ ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ БОЛЬШИХ МОЗАИЧНЫХ ФОТОПРИЕМНИКОВ . . . . .	33
<i>Митиани Г. Ш., Маркелов С. В., Борисенко А. Н., Ардиланов В. А.</i>	
ПРОЕКТ РАДИОАСТРОН. ШУМЫ СИСТЕМЫ И КАЛИБРОВКА КОСМИЧЕСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА В ПОЛЕТЕ В 2011-2017 ГОДАХ . . . . .	34
<i>Ковалев Ю. А., Васильков В. И., Лисаков М. М., Кутъкин А. М., Скулачев Д. П., Попов М. В., Согласнов В. А., Войцук П. А., Николаев Н. Я., Миронова Е. Н., Виняйкин Е., Цыбулёв П. Г., Нижельский Н. А., Жеканис Г. В., Стайков Ю. Н.</i>	
СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПОИСКА И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИЗУЧЕНИЯ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ОПТИЧЕСКОМ И ВЫСОКОЭНЕРГИЧНОМ ГАММА ДИАПАЗОНАХ . . . . .	34
<i>Дзапарова И. М., Саванов И. С., Петков В. Б., Сергеев А. В., Джампуев Д. Д., Куреня А. Н., Пузин В. Б., Климмай П. А., Нароевков С. А.</i>	
ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ПРОЕКТЕ «РАДИОАСТРОН»: КОРРЕЛЯТОР АКЦ И ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ASTRO SPACE LOCATOR . . . . .	35
<i>Андрианов А. С., Лихачев С. Ф., Гурин И. А., Костенко В. И., Ладыгин В. А., Жаров В. Е., Рудницкий А. Г., Литовченко И. Д., Зуга В. А., Щуров М. А., Авдеев В. Ю.</i>	
КРЫМСКАЯ СТАНЦИЯ В СЕТИ РСДБ . . . . .	36
<i>Вольвач А. Е.</i>	
ПЗС-КОНТРОЛЛЕР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ 6-МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА . . . . .	37
<i>Ардиланов В. И., Мурзин В. А., Маркелов С. В., Афанасьева И. В., Иващенко Н. Г., Митиани Г. Ш., Притыченко М. А., Борисенко А. Н.</i>	
НОВЫЙ НЕОХЛАЖДАЕМЫЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДИАПАЗОНА 4.7 ГГц ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ В КОНТИНУУМЕ . . . . .	37
<i>Цыбулев П. Г., Нижельский Н. А., Дугин М. В., Борисов А. Н., Кратов Д. В., Удовичкий Р. Ю.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ, ВНОСИМОЙ ГЛАВНЫМ ЗЕРКАЛОМ БТА . . . . .	38
<i>Кукушкин Д. Е., Сазоненко Д. А., Бахолдин А. В., Валявин Г. Г., Емельянов Э. В.</i>	
ПРОГРАММА «MULTI-COLUMN VIEWER» (MCV) . . . . .	39
<i>Бакланов А. В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЯ АСТРОКЛИМАТА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ . . . . .	39
<i>Бубнов Г. М.</i>	
РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ САО РАН . . . . .	40
<i>Винокуров А. С., Фабрика С. Н., Валеев А. Ф.</i>	
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ В РАДИОФОТОННЫХ ТРАКТАХ . . . . .	40
<i>Волков И. В., Хатырев Н. П.</i>	
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛУОСТРОВА КРЫМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GNSS-, VLBI-, SLR-ТЕХНОЛОГИЙ . . . . .	41
<i>Вольвач А. Е., Курбасова Г. С., Дмитроца А. И., Неяченко Д. И.</i>	
КОСМИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР ТУС. ВОЗМОЖНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ВСЕЛЕННОЙ МЕТОДАМИ АДРОН-ЯДЕРНОЙ АСТРОНОМИИ . . . . .	42
<i>Вольвач А. Е., Дмитроца А. И., Неяченко Д. И., Ткачев Л. Г., on behalf the Lomonosov-UHECR/TLE collaboration</i>	
ИЗВЛЕЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СПЕКТРОВ ИЗ ЦИФРОВОГО АРХИВА ФОТОПЛАСТИНОК . . . . .	43
<i>Горбунов М. А., Рублевский А. Н., Шляпников А. А.</i>	
РАЗРАБОТКА WEB-СЕРВИСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ ЯВЛЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ . . . . .	43
<i>Горбунов А. А., Исаев Е. А., Самодуров В. А.</i>	
СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ГАРМОНИКИ ЛАЗЕРНОГО ГЕНЕРАТОРА НА 355 НМ ДЛЯ УЧАСТИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ TUS . . . . .	44
<i>Дмитроца А. И., Артёмов И. В., Неяченко Д. И.</i>	
ИНДЕКС КАТАЛОГ ПУБЛИКАЦИЙ «ИЗВЕСТИЙ КРЫМСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ» . . . . .	44
<i>Логачёв К. В., Шляпников А. А.</i>	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД . . . . .	45
<i>Пащенко И. Н., Соколовский К. В., Гаврас П.</i>	
РЕДУКТОР СВЕТОСИЛЫ С ПЕРЕСТРАИВАЕМОМ ФИЛЬТРОМ ДЛЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ТЕЛЕСКОПОВ . . . . .	45
<i>Перепелицын А. Е., Моисеев А. В.</i>	
СПЕКТРЫ СТАНДАРТНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ЭПОХУ 2017.4 . . . . .	46
<i>Рахимов И. А., Ипатов А. В., Андреева Т. С., Гренков С. А., Иванов В. П.</i>	
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОКАМЧАТСКОЙ НИЗМЕННОСТИ. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВА НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ НА ПОЛУОСТРОВЕ КАМЧАТКА . . . . .	46
<i>Рыбак А. Л.</i>	
ОПТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ МНОГОРЕЖИМНОГО СПЕКТРОГРАФА . . . . .	47
<i>Сазоненко Д. А., Кукушкин Д. Е., Бахолдин А. В., Валявин Г. Г.</i>	
ОЦИФРОВЫВАНИЕ И ОБРАБОТКА НЕГАТИВОВ АРХИВА ПЛАНА Г.А. ШАЙНА . . . . .	47
<i>Шляпников А. А., Елизарова Н. В., Москвин В. В.</i>	
ПОЛВЕКА НАБЛЮДЕНИЙ НА ТЕЛЕСКОПЕ МТМ-500. БАЗА ДАННЫХ . . . . .	48
<i>Шляпников А. А., Горбунов М. А., Рублевский А. Н.</i>	
РАЗРАБОТКА ИТ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С РОССИЙСКИМИ КОСМИЧЕСКИМИ ТЕЛЕСКОПАМИ . . . . .	48
<i>Шацкая М. В., Абрамов А. А., Лизачев С. Ф., Селиверстов С. И., Сычёв Д. А., Федоров Н. А.</i>	
<b>II. Астрометрия и небесная механика</b>	<b>49</b>
РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ЗВЁЗДНОЙ КИНЕМАТИКЕ . . . . .	50
<i>Буткевич А. Г.</i>	
РАБОТЫ ПО СРАВНЕНИЮ И КОМБИНАЦИИ КАТАЛОГОВ КООРДИНАТ РАДИОИСТОЧНИКОВ В ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ . . . . .	50
<i>Малкин З. М., Лопез Ю. Р.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЗВЁЗДНЫХ КАТАЛОГОВ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ЗВЁЗД ЛУНОЙ . . . . .	51
<i>Чуркин К. О., Нефедьев Ю. А., Андреев А. О.</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ДАННЫЕ О ФИЗИЧЕСКОЙ ЛИБРАЦИИ И ВНУТРЕННЕМ СТРОЕНИИ ЛУНЫ . . . . .	51
<i>Петрова Н. К., Нефедьев Ю. А., Загидуллин А. А.</i>	
АНАЛИЗ ОРБИТАЛЬНЫХ ТЕОРИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЧИСЛЕННОЙ ТЕОРИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ЛИБРАЦИИ ЛУНЫ . .	52
<i>Загидуллин А. А., Петрова Н. К., Усанин В. С., Нефедьев Ю. А.</i>	
КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОЛСТОГО ДИСКА ГАЛАКТИКИ В ОКОЛОСОЛНЕЧНОЙ ОКРЕСТНОСТИ . . . . .	52
<i>Корчагин В. И., Буданова Н. О., Гожя М. Л.</i>	
ОРБИТАЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕТЫРЕХПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМЫ СОЛНЦЕ – ЮПИТЕР – САТУРН – УРАН – НЕПТУН НА КОСМОГОНИЧЕСКИХ ИНТЕРВАЛАХ ВРЕМЕНИ . . . . .	53
<i>Перминов А. С., Кузнецов Э. Д.</i>	
ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАССЫ ПОЯСА КОЙПЕРА . . . . .	53
<i>Питъева Е. В., Питъев Н. П., Бодунова М. А.</i>	
ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ОКРЕСТНОСТИ ОБЛАСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ СПУТНИКОВ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЫ . . . . .	54
<i>Кузнецов Э. Д.</i>	
О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЁЙ . . . . .	54
<i>Петров Н. А., Соколов Л. Л., Васильев А. А.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ ЗНАЧЕНИЙ D-КРИТЕРИЕВ ОТ ВОЗМУЩЕНИЙ ОРБИТ АСТЕРОИДОВ, ВОЗМОЖНО ГЕНЕТИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ С МЕТЕОРНЫМИ ПОТОКАМИ . . . . .	55
<i>Сергиенко М. В., Соколова М. Г., Нефедьев Ю. А.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ, ПАРАМЕТРОВ ВРАЩЕНИЯ И ОРБИТЫ АСТЕРОИДОВ ПО ИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ . . . . .	55
<i>Медведев Ю. Д., Бондаренко Ю. С.</i>	
О ТРАЕКТОРИЯХ ПЕРЕЛЕТА К РЕСУРСНО-ПЕРСПЕКТИВНЫМ ОКОЛОЗЕМНЫМ АСТЕРОИДАМ . . . . .	56
<i>Ефремова Е. В.</i>	
КРИТИЧЕСКИЕ ТОЧКИ НА ГРАФИКАХ СМЕЩЕНИЯ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА ЗЕМЛИ . . . . .	56
<i>Курбасова Г. С.</i>	

ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ВРАЩЕНИЯ ЛУНЫ ДЛЯ СЛУЧАЯ ПУАССОНА . . . . .	57
<i>Иванова Т. В.</i>	
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВРАЩЕНИЕМ ЛУНЫ С ЕЁ ПОВЕРХНОСТИ . . . . .	57
<i>Петрова Н. К., Нефедьев Ю. А., Загидуллин А. А.</i>	
АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗА УГЛОВ ПРЕЦЕССИИ-НУТАЦИИ . . . . .	58
<i>Малкин З. М.</i>	
РАЗВИТИЕ АСТРОНОМИИ В БОЛИВИИ В г. ТАРИХА . . . . .	58
<i>Zalles Rodolfo, Архаров А.А., Молотов И.Е.</i>	
СРАВНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАНТОВ ГЛАВНЫХ И МАЛЫХ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ . . . . .	59
<i>Сергиенко М. В., Соколова М. Г., Нефедьев Ю. А.</i>	
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЛОКАЦИИ . . . . .	59
<i>Тряпицын В. Н.</i>	
ОПЫТ РАБОТЫ С БД КРАВО ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КООРДИНАТ МАЛЫХ ТЕЛ . . . . .	60
<i>Шляпников А. А., Зиновьева В. А., Кашаев Ф. К.</i>	
<b>III. Солнечная и экзопланетные системы</b>	<b>61</b>
ДИССИПАЦИЯ АТМОСФЕР ПЛАНЕТ В СОЛНЕЧНОЙ И ВНЕСОЛНЕЧНЫХ ПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМАХ . . . . .	62
<i>Шематович В. И.</i>	
CURRENT SHEETS WITH A SHEARED MAGNETIC FIELD: FROM ANALYTICAL MODELING TO APPLICATIONS . . . . .	62
<i>Kocharovskiy Vl. V., Kocharovskiy V. V., Martyanov V. Yu., Nechaev A. A.</i>	
СРАВНЕНИЕ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРИЛИВОВ И НАБЛЮДЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭКЗОПЛАНЕТ, СОДЕРЖАЩИХ «ГОРЯЧИЕ ЮПИТЕРЫ» . . . . .	63
<i>Чернов С. В., Папалозиоу Дж. Ц. Б., Иванов П. Б.</i>	
ВЛИЯНИЕ РАДИАТИВНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ГАЗОДИНАМИКУ АТМОСФЕРЫ ГОРЯЧЕГО ЮПИТЕРА HD 209458 В . . . . .	63
<i>Черенков А. А., Бисикало Д. В., Косовичев А. Г.</i>	
ЧАСТОТА СЛИЯНИЙ ЭКЗОПЛАНЕТ СО ЗВЁЗДАМИ, ВЫЗВАННЫХ ПРИЛИВНОЙ ЭВОЛЮЦИЕЙ . . . . .	64
<i>Попков А. В., Попов С. Б.</i>	
ОСЛАБЛЕНИЕ ПОТЕРИ МАССЫ ГОРЯЧИМ ЮПИТЕРОМ WASP-12В ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ . . . . .	64
<i>Аракчеев А. С., Жилкин А. Г., Бисикало Д. В.</i>	
К ВОПРОСУ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ АТМОСФЕР ЗВЁЗД С ЭКЗОПЛАНЕТАМИ . . . . .	65
<i>Рябчинова Т. А., Ситнова Т. М., Алексеева С. А., Пахомов Ю. В.</i>	
ДВУХКОМПОНЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОТОПЛАНЕТНОГО ДИСКА МОЛОДОЙ ЗВЕЗДЫ С МАЛО-МАССИВНЫМ КОМПАНИЕОМ . . . . .	65
<i>Демидова Т. В., Гринин В. П.</i>	
ПРОГРАММА ЭКЗОПЛАНЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ CAO РАН . . . . .	65
<i>Валявин Г. Г.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ НА РАССТОЯНИЯХ ДЕСЯТКОВ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ . . . . .	66
<i>Элбакян В., Воробьев Э.</i>	
КОРРЕКТНОСТЬ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ НЕУСТОЙЧИВОСТЕЙ В ОКОЛОЗВЁЗДНЫХ ДИСКАХ С РАЗВИТИЕМ МНОЖЕСТВЕННЫХ КОЛЛАПСОВ . . . . .	66
<i>Снытников В. Н., Стояновская О. П.</i>	
ОТКРЫТИЕ ПЕРВОЙ РОССИЙСКО-АМЕРИКАНСКОЙ ЭКЗОПЛАНЕТЫ KPS-1В. ОБНАРУЖЕНИЕ НОВЫХ КАНДИДАТОВ В ЭКЗОПЛАНЕТЫ . . . . .	67
<i>Соков Е., Benni P., Бурданов А., Сокова И., Bretton M., Hentunen V.-P., Рысов С., Garlitz J., Marchini A., Esseiva N., Salisbury M.</i>	
СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ КАНДИДАТОВ В ЭКЗОПЛАНЕТЫ, ОБНАРУЖЕННЫХ В ХОДЕ МИССИИ «КЕПЛЕР» . . . . .	68
<i>Гадельшин Д. Р.</i>	
ТРУДНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭКЗОПЛАНЕТ С ГОДИЧНЫМ ПЕРИОДОМ . . . . .	68
<i>Буткевич А. Г.</i>	
DIFFUSE INTERSTELLAR BANDS CARRIERS AND COMETARY ORGANIC MATERIAL . . . . .	69
<i>Bertaux Jean-Loup, Rosine Lallement</i>	

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ МАРСА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ACS НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА TGO ЭКЗОМАРС . . . . .	69
<i>Кораблев О. И., Федорова А. А., Игнатьев Н. И., Григорьев А. В., Трохимовский А. Ю., Шакур А. В., Montmessin F.</i>	
ПЫЛЕВОЙ ЦИКЛ МАРСА ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ ПРИБОРОМ SPICAM IR ЗА 24 - 34 МАРСИАНСКИЕ ГОДЫ . . . . .	70
<i>Бецис Д. С., Федорова А. А., Кораблев О. И., Берто Ж.-Л., Монтмессан Ф.</i>	
СПЕКТРОСКОПИЯ МЕЗОСФЕРЫ ВЕНЕРЫ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ SPICAV И SOIR НА БОРТУ АМС «ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС» . . . . .	71
<i>Беляев Д. А., Федорова А. А., Берто Ж.-Л., Кораблев О. И.</i>	
СВОЙСТВА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ НАДОВЛАЧНОЙ ДЫМКИ АТМОСФЕРЫ ВЕНЕРЫ . . . . .	71
<i>Лугинин М. С., Федорова А. А., Беляев Д. А., Монтмессан Ф., Кораблев О. И., Берто Ж.-Л.</i>	
НЕУСТОЙЧИВОСТИ И ТУРБУЛЕНТНЫЕ ДВИЖЕНИЯ В ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЕ У ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ ПРИ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПЛАЗМОЙ ХВОСТА МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ . . . . .	72
<i>Морозова Т. И., Попель С. И.</i>	
БОЛЬШИЕ ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ . . . . .	72
<i>Ретеюм А. Ю.</i>	
КОМЕТЫ В УФ . . . . .	73
<i>Шустов Б. М., Сачков М. Е., Саванов И. С., Канев Е. Н.</i>	
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЁЙ, И ГЛАВНОГО ПОЯСА С КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИЕЙ ИХ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ . . . . .	73
<i>Щербина М. П., Резаева А. А., Бусарев В. В., Барабанов С. И.</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АСТЕРОИДА 2121 СЕВАСТОПОЛЬ НА ОСНОВЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ВЗАИМНЫХ ЯВЛЕНИЙ . . . . .	74
<i>Sokova I. A., Sokov E. N., Gorshanov D. L., Vasilkova O. O., Fernández-Lajús E., di Sisto Romina, Bretton Marc, Marchini Alessandro, Knight Carl R., Colazo Carlos A., Quiñones Cecilia, Girardini Carla</i>	
ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ КАТАЛОГИЗИРОВАННЫХ КОМЕТ . . . . .	74
<i>Гусева И. С.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАЗИСИНХРОННОЙ ОРБИТЫ ФОБОСА . . . . .	75
<i>Сергеев С. И.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТРИЦ ФОРМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАССЕИВАЮЩИХ СВОЙСТВ БЕЗАТМОСФЕРНЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ . . . . .	75
<i>Петров Д. В., Киселев Н. Н.</i>	
НАБЛЮДЕНИЯ 30 SETI-ОБЪЕКТОВ НА РАТАН-600 . . . . .	76
<i>Бурсов Н. Н., Панов А. Д., Кудряшова А. А., Филиппова Л. Н., Эрженев А. К.</i>	
НАБЛЮДЕНИЯ НА RT-22 МАЗЕРНЫХ ЛИНИЙ В КОМЕТАХ . . . . .	77
<i>Вольвач А. Е., Вольвач Л. Н., Малашевич С. В.</i>	
ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПЗС-НАБЛЮДЕНИЯ ДВОЙНЫХ АСТЕРОИДОВ . . . . .	77
<i>Гафтонюк Н. М.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОСТАТОЧНЫХ ДИСКОВ С УЧЕТОМ ГАЗОВОЙ КОМПОНЕНТЫ . . . . .	78
<i>Демидова Т. В., Шевченко И. И.</i>	
АПЕРТУРНАЯ ПОЛЯРИМЕТРИЯ ИЗБРАННЫХ КОМЕТ В КРАО . . . . .	78
<i>Жужулина Е. А., Киселев Н. Н., Шаховской Д. Н., Колесников С. В., Зайцев С. В.</i>	
О ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ МИЛЛИМЕТРОН . . . . .	79
<i>Кузнецов Э. Д., Соболев А. М., Васильева М. А.</i>	
СТРУКТУРНЫЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ФАЗ В МЕТЕОРИТАХ . . . . .	79
<i>Максимова Е. М., Гонцова С. С., Петрова Е. В., Наухацкий И. А.</i>	
НАБЛЮДЕНИЕ ЗВЁЗД С ЭКЗОПЛАНЕТАМИ . . . . .	80
<i>Москвин В. В., Шляпников А. А., Jiang Ing-Guey, Горбачев М. А.</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЭКЗОКОМЕТ НА ОБСЕРВАТОРИИ ПИК ТЕРСКОЛ . . . . .	80
<i>Позин В. Б., Саванов И. С., Шустов Б. М., Акимкин В. В.</i>	
4963 KANROKU: ВОЗМОЖНО, ДВОЙНОЙ АСТЕРОИД . . . . .	81
<i>Сокова И., Marchini A., Palmas T., Franco L., Papini R., Salvaggio F., Соков Е., Garlitz J., Knight C. R.</i>	

Влияние магнитного поля на гравитационную устойчивость аккреционных дисков . . . . .	81
<i>Русских В. Н., Дудоров А. Е., Хайбрахманов С. А.</i>	
<b>IV. Солнце и гелиосфера</b>	<b>82</b>
ON THE POSSIBILITY TO FORECAST THE SOLAR ACTIVITY BASED ON NONLINEAR DYNAMO MODEL WITH MAGNETIC HELICITY . . . . .	83
<i>Kleeorin N. I., Safiullin N. T., Kleeorin Y. N., Porshnev S. V., Rogachevskii I. V., Sokoloff D. D.</i>	
Прогноз космической погоды на основе данных наземной наблюдательной сети солнечной активности . . . . .	83
<i>Тлатов А. Г.</i>	
Создание атласа солнечной активности . . . . .	84
<i>Илларионов Е. А., Тлатов А. Г.</i>	
Создание и анализ 100-летних рядов солнечной активности . . . . .	84
<i>Тлатова К. А., Васильева В. В., Скорбеж Н. Н., Тлатов А. Г.</i>	
Роль больших групп пятен в формировании особенностей структуры циклов солнечной активности . . . . .	85
<i>Костюченко И. Г.</i>	
Модифицированный критерий Танаки-Эноме и анализ его достоверности по наблюдениям 2014-2017 гг. на РАТАН-600 . . . . .	85
<i>Курочкин Е. А., Богод В. М., Свидский П. М., Шендрик А. В., Эверстов Н. П.</i>	
Вспышечное энерговыделение: внутренний конфликт, противоречие с наблюдениями высокого разрешения, возможные выходы . . . . .	86
<i>Пустильник Л. А.</i>	
Вспышечные события в активных областях как лавины в системах с само-организованной критичностью . . . . .	87
<i>Абраменко В. И.</i>	
Большие данные в Солнечной физике: о прогностических моделях солнечных вспышек . . . . .	87
<i>Уртъев Ф. А., Макаренко Н. Г., Князева И. С.</i>	
Моделирование астрофизических магнитных полей методами стохастической геометрии и вычислительной топологии . . . . .	88
<i>Князева И. С., Макаренко Н. Г., Уртъев Ф. А.</i>	
Признаки подготовки мощных вспышек на Солнце в микроволновом излучении и структуре магнитного поля активных областей по данным РАТАН-600 и SDO/HMI: обзор событий 2011-2015 гг. . . . .	88
<i>Боровик В. Н., Тлатов А. Г., Абрамов-Максимов В. Е., Опейкина Л. В., Шрамко А. Д., Яснов Л. В.</i>	
Развитие солнечной вспышки из анализа спектральных линий высокоионизованного железа . . . . .	89
<i>Подгорный И. М.</i>	
Конфигурация магнитного поля в короне во время солнечной вспышки и вспышечные источники рентгеновского излучения . . . . .	90
<i>Подгорный А. И., Подгорный И. М., Мешалкина Н. С.</i>	
Магнитные поля активных областей NOAA 11476 и NOAA 11515 во время вспышек . . . . .	90
<i>Гопасюк О. С.</i>	
Гомологические вспышки на Солнце в активной области 11302 NOAA . . . . .	91
<i>Шаховская А. Н.</i>	
Механизм образования тилта и закрутки в активных областях Солнца и генерация магнитной спиральности в конвективной зоне . . . . .	91
<i>Кузанын К. М., Клиорин Н., Рогачевский И., Соколов Д., Тлатов А., Тлатова К.</i>	
Система глобального электрического тока в активной области . . . . .	92
<i>Фурсяк Ю. А., Абраменко В. И.</i>	
Два режима увеличения магнитного потока всплывающих активных областей . . . . .	93
<i>Куценко А. С., Абраменко В. И., Тихонова О. И.</i>	
Как зарождается биполярная группа солнечных пятен? . . . . .	93
<i>Гетлинг А. В., Бучнев А. А.</i>	
Изучение медленной диссипации солнечных пятен по данным космического аппарата SDO . . . . .	94
<i>Живанович И., Соловьёв А. А.</i>	

РАЗНОМАСШТАБНАЯ КОНВЕКЦИЯ В СЛОЕ С ПЕРЕМЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ . . . . .	94
<i>Гетлинг А. В., Щерца О. В., Мажорова О. С.</i>	
ТОНКАЯ СТРУКТУРА СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН И ЭВОЛЮЦИЯ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ NOAA 12192 . . . . .	95
<i>Цап Ю. Т., Коваль А. Н., Бабин А. Н., Борисенко А. В.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШЕЧНОЙ ПЕТЛИ С РАСТУЩИМ МИЛЛИМЕТРОВЫМ СПЕКТРОМ . . . . .	95
<i>Моргачев А. С., Цап Ю. Т., Смирнова В. В., Моторина Г. Г., Кузнецов С. А.</i>	
МИКРОВОЛНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ВСПЫШЕЧНОЙ ПЕТЛИ ПРИ НАЛИЧИИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ВИСТЛЕРОВ . . . . .	96
<i>Мельников В. Ф., Филатов Л. В.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ХРОМОСФЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ И СРАВНЕНИЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ НАБЛЮДЕНИЙ . . . . .	96
<i>Глатова К. А., Лукичева М. А., Смирнова В. В.</i>	
СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР И ЕГО СВЯЗЬ С ЭВОЛЮЦИЕЙ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР И АКТИВНОСТЬЮ СОЛНЦА . . . . .	96
<i>Цап Ю. Т., Абраменко В. И., Малащук В. И., Борисенко А. В., Ахтемов З. С., Андреева О. А.</i>	
ГИГАНТСКАЯ КОРОНАЛЬНАЯ ДЫРА 2015 – 2017 ГГ. I. ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДИ И ИНТЕНСИВНОСТИ . . . . .	97
<i>Андреева О. А., Малащук В. М., Ахтемов З. С., Жигалкин Р. К.</i>	
ГИГАНТСКАЯ КОРОНАЛЬНАЯ ДЫРА 2015 – 2017 ГГ. II. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И СВЯЗЬ С АКТИВНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ И ВСПЫШКАМИ . . . . .	97
<i>Ахтемов З. С., Перебейнос В. А., Штерцер Н. И.</i>	
СРАВНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ЗЕБРА-СТРУКТУРЫ В СОЛНЕЧНОМ РАДИОИЗЛУЧЕНИИ . . . . .	98
<i>Чернов Г. П., Фомичев В. В., Сыч Р. А.</i>	
НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЦИКЛОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПО МНГОВОЛНОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ НА РАТАН-600 . . . . .	98
<i>Богод В. М., Кальтман Т. И., Стороженко А. А., Ступишин А. А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ МГД ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СТРУКТУР С ПОСТОЯННЫМ ДАВЛЕНИЕМ ТИПА МАГНИТНЫХ ДЫР С МАГНИТОСФЕРОЙ ЗЕМЛИ . . . . .	99
<i>Гриб С. А., Леора С. Н.</i>	
ОБЩЕЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ В КРАО ЗА 1968 – 2016 ГГ. . . . .	99
<i>Котов В. А., Ханейчук В. И.</i>	
ПУЛЬСАЦИИ СОЛНЦА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗА 1974 – 2016 ГГ. . . . .	99
<i>Котов В. А., Ханейчук В. И.</i>	
ГЕНЕРАЦИЯ ВОЛН МАГНИТНОГО ПОЛЯ В НЕБЕСНЫХ ТЕЛАХ ОТ ПРОСТРАНСТВЕННО РАЗДЕЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ . . . . .	100
<i>Попова Е. П.</i>	
МАГНИТНОЕ СОЛНЦЕ И РИТМ 13.5 СУТОК . . . . .	100
<i>Котов В. А.</i>	
НЕСТАБИЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ . . . . .	100
<i>Пустильник Л. А.</i>	
ОТКРЫТИЕ ЯВЛЕНИЯ ДЕПРЕССИИ ПОЛНОГО ПОТОКА ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА В ПЕРИОДЫ ГЕНЕРАЦИИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПРОТОНОВ СОЛНЕЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ . . . . .	101
<i>Авакян С. В., Никольский Г. А., Соловьёв А. А., Гапонов В. А.</i>	
НОВАЯ – СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ПАРАДИГМА ФИЗИКИ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ: КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ . . . . .	101
<i>Авакян С. В.</i>	
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ – ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ? . . . . .	102
<i>Владимирский Б. М.</i>	
ВКЛАД ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТОСФЕРЫ В ИЗМЕНЕНИЯ ЖЕСТКОСТЕЙ ГЕОМАГНИТНОГО ОБРЕЗАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ВО ВРЕМЯ МАКСИМАЛЬНОГО СНИЖЕНИЯ DST-ИНДЕКСА В НОЯБРЕ 2003 ГОДА В ПЛАНЕТАРНОМ МАСШТАБЕ . . . . .	103
<i>Вернова Е. С., Данилова О. А., Тясто М. И., Демина И. М.</i>	
ДИСБАЛАНС ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ФОТОСФЕРЫ . . . . .	103
<i>Вернова Е. С., Тясто М. И., Баранов Д. Г.</i>	
СЛУЖБА СОЛНЦА «KRIM» В РАДИОДИАПАЗОНЕ . . . . .	104
<i>Вольвач А. Е., Курбасов С. В., Самисько К. В., Самисько С. А., Якубовская И. В.</i>	



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛЯРНОЙ КОРОНАЛЬНОЙ ДЫРЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ МАКСИМАЛЬНОЙ ФАЗЫ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 29.03.2006 НА РАТАН-600 В САНТИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН . . . . .	105
<i>Голубчина О. А., Коржавин А. Н., Нижельский Н. А., Жежанин Г. В., Бурсов Н. Н., Цыбулёв П. Г.</i>	
НЛТР СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В АТМОСФЕРЕ СОЛНЦА . . . . .	105
<i>Коротин С. А., Жукова А. В.</i>	
ПУЛЬСАЦИИ СОЛНЦА И ДВИЖЕНИЕ ЭКЗОПЛАНЕТ . . . . .	106
<i>Котов В. А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ИСТОЧНИКОВ ПУЛЬСАЦИЙ ЖЁСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ТОКАМИ ВО ВСПЫШЕЧНЫХ ОБЛАСТЯХ НА СОЛНЦЕ . . . . .	106
<i>Кузнецов С. А., Зимовец И. В.</i>	
КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ СХЕМЫ ПОТОКОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА . . . . .	106
<i>Лукашенко А. Т., Веселовский И. С., Капорцева К. Б.</i>	
ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА КВАЗИПОПЕРЕЧНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕЧНЫХ ПЕТЕЛЬ МЕТОДОМ ПРЯМОЙ ПОДГОНКИ . . . . .	107
<i>Моргачев А. С., Мельников В. Ф.</i>	
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТОКИ В АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ: ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ . . . . .	107
<i>Фурсяж Ю. А., Абраменко В. И.</i>	
СОЛНЦЕТРЯСЕНИЯ – НАБЛЮДЕНИЯ И МЕХАНИЗМЫ ИХ РАЗВИТИЯ . . . . .	108
<i>Цап Ю. Т., Григорьева И. Ю., Лившиц М. А.</i>	
О ПРОГНОЗЕ СКОРОСТИ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ ПО РАДИОНАБЛЮДЕНИЯМ . . . . .	108
<i>Цап Ю. Т., Исаева Е. А.</i>	
О РАСПРОСТРАНЕНИИ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЕ СОЛНЦА . . . . .	109
<i>Цап Ю. Т., Копылова Ю. Г., Степанов А. В.</i>	
LASCO (SoHO MISSION) OBSERVATIONS OF GALACTIC COSMIC RAY SPALLATION REACTIONS . . . . .	109
<i>Koutchmy S., Tavabi E.</i>	
SOLAR CORONA POLAR TORNADO . . . . .	110
<i>Koutchmy S., Tavabi E.</i>	
<b>V. Звёзды и межзвёздная среда</b>	<b>111</b>
ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ «ПРОТЯЖЁННЫХ ЗЕЛЁНЫХ ОБЪЕКТОВ» В ЛИНИЯХ МОЛЕКУЛЫ ОН НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 18 СМ . . . . .	112
<i>Баяндина О. С., Вальц И. Е., Куртц С. Е., Рудницкий Г. М., Шахворостова Н. Н.</i>	
РАДИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОРОДА В ГАЛАКТИЧЕСКОМ ДИСКЕ . . . . .	112
<i>Мишуров Ю. Н., Ткаченко Р. В.</i>	
ЗОНДИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ РАДИОИМПУЛЬСАМИ ПУЛЬСАРОВ В ПРОЕКТЕ РАДИОАСТРОН И МЕЖЗВЁЗДНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР . . . . .	113
<i>Фадеев Е. Н., Андрианов А. С., Зуга В. А., Попов М. В., Рудницкий А. Г., Смирнова Т. В., Согласнов В. А., Шишов В. И.</i>	
МЕЖЗВЁЗДНЫЙ ФУЛЛЕРЕН $C_{60}^+$ : PRO ET CONTRA . . . . .	113
<i>Галазутдинов Г. А.</i>	
БЫСТРАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ МАЗЕРОВ ОН В ИСТОЧНИКАХ W3, W49, W51 и W75 . . . . .	113
<i>Госачинский И. В., Гренков С. А., Ипатов А. В., Рахимов И. А.</i>	
НАБЛЮДЕНИЯ МЕГАМАЗЕРОВ В ПРОЕКТЕ «РАДИОАСТРОН» И НОВЫЙ РЕКОРД УГЛОВОГО РАЗРЕШЕНИЯ . . .	114
<i>Алакоз А. В., Соболев А. М., Vaan W. A., Moran J. M., Imai H., Henkel C., An T., Ellingsen S., McCallum J.</i>	
ПРЕЦИЗИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ МЕЖЗВЁЗДНЫХ МОЛЕКУЛ . . . . .	114
<i>Лапинов А. В., Шарабакина С. А., Голубятников Г. Ю.</i>	
ПОИСК УКАЗАНИЙ НА СУЩЕСТВОВАНИЕ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ПЛОТНЫХ ЯДРАХ ПО ПРОФИЛЯМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ . . . . .	115
<i>Пирогов Л. Е.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТИ ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЯ G192.76+00.10 . . . . .	115
<i>Рябухина О. Л., Зинченко И. И., Землянуха П. М., Samal M. R., Henkel C.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ТЁМНЫХ ОБЛАКАХ НА ДОЗВЁЗДНОЙ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ . . . . .	116
<i>Шарабакина С. А., Лапинов А. В.</i>	

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА МЕЖЗВЁЗДНОЙ СРЕДЫ В ГАЛАКТИКАХ СО ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЕМ . . . . .	116
<i>Шевченко М. Г., Васильев Е. О., Щекинов Ю. А., Пилипенко С. В.</i>	
SUN-SIZED WATER VAPOR MASERS IN CEPHEUS A . . . . .	117
<i>Соболев А. М., Алакоз А. В., Moran J. M., Imai H., Gray M. D., Толмачев А. М., Самодуров В. А., Ладейщиков Д. А., Шахворостова Н. Н.</i>	
ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕЛКОМАСШТАБНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЫЛИ НА ХИМИЧЕСКУЮ ЭВОЛЮЦИЮ МЕЖЗВЁЗДНОЙ ДИФFUЗНОЙ СРЕДЫ . . . . .	117
<i>Соколова В. А., Островский А. Б., Васюнин А. И.</i>	
ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ ИОНИЗОВАННОГО ВОДОРОДА . . . . .	118
<i>Топчиева А. П.</i>	
ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЕ В СВЕРХОБОЛОЧКАХ . . . . .	118
<i>Васильев Е. О., Пилипенко С. В., Щекинов Ю. А.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ НА РАННИХ СТАДИЯХ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ . . . . .	119
<i>Васюнин А. И., Caselli P., Dulieu F., Jiménez-Serra I.</i>	
ГИГАНТСКИЙ ПРОТОЗВЁЗДНЫЙ ДИСК ВОКРУГ МАССИВНОГО ПРОТОЗВЁЗДНОГО СГУСТКА S255N-SMA1 . . . . .	119
<i>Землянуха П. М., Зинченко И. И.</i>	
ДИСКИ И ВИПОЛЯРНЫЕ ИСТЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ МАССИВНЫХ ЗВЁЗД S255IR ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА ALMA . . . . .	120
<i>Зинченко И. И., Луу Ш.-Ю., Су Ю.-Н.</i>	
ЦИКЛЫ АКТИВНОСТИ ИЗБРАННЫХ ЗАПЯТНЁННЫХ ЗВЁЗД . . . . .	120
<i>Алексеев И. Ю., Козлова О. В.</i>	
DYNAMICS OF THE WINDS AND DUSTY ENVIRONMENTS IN THE ACCRETING T TAURI STARS RY TAU AND SU AUR121	121
<i>Petrov P. P., Grankin K. N., Gameiro G. F., Artemenko S. A., Babina E. V., Albuquerque R. M. G., Djurjvik A. A., Gahm G. F., Shenavrin V. I., Irmambetova T. R., Fernandez M., Mkrtichian D. E.</i>	
НЕОБЫЧНАЯ ПЕРЕМЕННАЯ ТИПА AA TAU V715 PER . . . . .	122
<i>Барсунова О. Ю., Гринин В. П., Сергеев С. Г., Семенов А. О., Архаров А. А., Ефимова Н. В.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ МОЛОДЫХ ЗВЁЗД . . . . .	122
<i>Дмитриев Д. В., Гринин В. П., Тамбовцева Л. В.</i>	
ПРИПОВЕРХНОСТНАЯ АККРЕЦИОННАЯ ЗОНА ЗВЁЗД ТИПА Т ТЕЛЬЦА . . . . .	123
<i>Додин А. В.</i>	
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ ВБЛИЗИ СОСТОЯНИЯ ТЕРМАЛИЗАЦИИ . . . . .	123
<i>Ермолаева Т. А., Катъшева Н. А., Гринин В. П.</i>	
МОЛОДЫЕ ЗАПЯТНЁННЫЕ ЗВЁЗДЫ НА ДИАГРАММЕ ГЕРЦШПРУНГА - РАССЕЛА. ВЫЗОВ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ЗВЁЗДНОЙ ЭВОЛЮЦИИ . . . . .	124
<i>Гранкин К. Н., Gully-Santiago M. A., Herczeg G. J., Czekala I., Somers G.</i>	
ЗВЁЗДЫ ТИПА UX ORI НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЭВОЛЮЦИИ . . . . .	124
<i>Гринин В. П.</i>	
ПРИРОДА МНОГОЛЕТНЕЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МОЛОДЫХ ГОРЯЧИХ ЗВЁЗД . . . . .	125
<i>Козлова О. В.</i>	
ЭРУПТИВНЫЕ ЗВЁЗДЫ НА РАННЕЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ СТАДИИ: ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ . . . . .	125
<i>Магакян Т. Ю., Мовсисян Т. А., Андрасян А. Р., Геворкян М.</i>	
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АНОМАЛЬНЫХ ЗАТМЕНИЙ МОЛОДОЙ ЗВЕЗДЫ RW AUR A . . . . .	126
<i>Ламзин С. А., Возякова О. В., Гранкин К. Н., Додин А. В., Маланчев К. Л., Наджип А. Э., Сафонов Б. С., Татарников А. М., Черясов Д. В., Чунтонов Г. А., Шаховской Д. Н.</i>	
ДЖЕТ МОЛОДОЙ ЗВЕЗДЫ RW AUR A И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ПРОБЛЕМЫ . . . . .	126
<i>Ламзин С. А., Бердников Л. Н., Бурлак М. А., Возякова О. В., Додин А. В., Татарников А. М.</i>	
РАСЧЁТ ТЕПЛОЙ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ ПЫЛИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАННЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ПРОТОПЛАНЕТНЫХ ДИСКОВ У МОЛОДЫХ ЗВЁЗД . . . . .	127
<i>Павлюченков Я. Н., Воробьев Э. И., Акимкин В. В., Стояновская О. П.</i>	
ВЫСТРАИВАНИЕ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В ОБОЛОЧКАХ МОЛОДЫХ ЗВЁЗД ПО ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ . . . . .	127
<i>Шаховской Д. Н., Белан С. П., Ростопчина-Шаховская А. Н.</i>	
НОВАЯ ЭРУПТИВНАЯ ПЕРЕМЕННАЯ В ОБЛАСТИ ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЯ IRAS 18507+0121 . . . . .	128
<i>Никогосян Е. Г., Азатян Н. М.</i>	

ПЕРЕМЕННОСТЬ $N\alpha$ ЭМИССИИ МОЛОДЫХ ЗВЁЗДНЫХ ОБЪЕКТОВ В СКОПЛЕНИИ IC 348 . . . . .	128
<i>Нижкосян Е. Г.</i>	
КАТАЛОГ ЗВЁЗД С АКТИВНОСТЬЮ СОЛНЕЧНОГО ТИПА GTSn-10. ДОПОЛНЕНИЯ ДЛЯ НОВОЙ РЕДАКЦИИ . . . . .	129
<i>Шляпников А. А.</i>	
АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДОПЛЕРОВСКОЙ 3D-ТОМОГРАФИИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДВОЙНОЙ CyG X-1 ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ 2007 ГОДА В ЛИНИИ $HeII\ 4686\text{\AA}$ . . . . .	129
<i>Агафонов М. И., Карцицкая Е. А., Шарова О. И., Бочкарев Н. Г.</i>	
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБОЛОЧЕК КОНТАКТНЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЁЗД . . . . .	130
<i>Фатеева А. М., Шематович В. И., Кайгородов П. В., Бисикало Д. В.</i>	
ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ NZ Her в 2010 – 2017 гг. ОСОБЕННОСТИ В МОМЕНТЫ ГЛАВНОГО ЗАТМЕНИЯ . . . . .	130
<i>Ирсамбетова Т. Р.</i>	
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ТЕЧЕНИЯ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ ПОЛЯРЕ V2400 Ori . . . . .	130
<i>Исакова П. Б., Жилкин А. Г., Бисикало Д. В., Бакли Д.</i>	
МАССЫ ОПТИЧЕСКИХ ЗВЁЗД И ЧЁРНЫХ ДЫР В РЕНТГЕНОВСКИХ НОВЫХ С УЧЁТОМ ЭФФЕКТОВ ВЗАИМНОЙ БЛИЗОСТИ КОМПОНЕНТОВ . . . . .	131
<i>Петров В. С., Антохина Э. А., Черепацук А. М.</i>	
МНОГОЧАСТОТНЫЙ МОНИТОРИНГ МИКРОКВАЗАРОВ: КРИВЫЕ БЛЕСКА, ВСПЫШКИ, ПЕРИОДИЧНОСТИ, МГНОВЕННЫЕ СПЕКТРЫ, КОРРЕЛЯЦИИ С ПОТОКАМИ В РЕНТГЕНОВСКОМ И ГАММА-ДИАПАЗОНЕ . . . . .	132
<i>Трушкин С. А., Нижельский Н. А., Цыбулев П. Г., Жеканис Г. В.</i>	
NY Her: ОТКРЫТИЕ ПРЕДСКАЗАННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ СВЕРХГОРБОВ . . . . .	133
<i>Сосновский А. А., Павленко Е. П., Питъ Н. В., Антонюк К. А.</i>	
О РОЛИ ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ НАЧАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ МАСС . . . . .	133
<i>Шустов Б. М., Вибе Д. З., Павлюченков Я. Н.</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРОВ В САО РАН . . . . .	134
<i>Габдеев М. М., Борисов Н. В., Шиманский В. В., Катмышева Н. А., Шугаров С. Ю., Колбин А. И.</i>	
ДИАГНОСТИКА ИЗЛУЧАЮЩИХ ОБЛАСТЕЙ У МОЛОДЫХ ЗВЁЗД. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ . . . . .	134
<i>Тамбовцева Л. В., Гринин В. П.</i>	
ПАРАМЕТРЫ ОБОЛОЧЕК НЕКОТОРЫХ НОВЫХ С УГЛЕРОДНО-КИСЛОРОДНЫМИ (CO) И КИСЛОРОДНО-НЕОНОВЫМИ (ONE) БЕЛЫМИ КАРЛИКАМИ . . . . .	135
<i>Тарасова Т. Н.</i>	
ЖЁСТКОСТЬ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОВ O-ЗВЁЗД В МОДЕЛИ МАГНИТНОУДЕРЖИВАЕМОЙ ПЛАЗМЫ . . . . .	135
<i>Рыспаева Е. Б., Холтыгин А. Ф.</i>	
ВЕРНА ЛИ НОВАЯ ПАРАДИГМА ФОРМИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ O-ЗВЁЗД? . . . . .	136
<i>Рыспаева Е. Б., Холтыгин А. Ф.</i>	
КАНДИДАТЫ В LBV-ЗВЕЗДЫ В M31 И M33. 20 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЙ НА БТА . . . . .	136
<i>Шолухова О. Н., Фабрика С. Н., Валеев А. Ф., Саркисян А. Н.</i>	
ПЯТНА НА ПОВЕРХНОСТИ АКТИВНОГО КРАСНОГО ГИГАНТА PZ Mon . . . . .	137
<i>Пахомов Ю. В., Антонюк К. А., Бондарь Н. И., Питъ Н. В., Рева И. В., Кусакин А. В.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ГАЛАКТИКИ И ЕЁ СПУТНИКОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ГИГАНТОВ С ДЕФИЦИТОМ МЕТАЛЛОВ . . . . .	138
<i>Машонкина Л., Яблонка П., Ситнова Т., Пахомов Ю.</i>	
LSD BINARY: АНАЛИЗ СПЕКТРОВ SB2 ЗВЁЗД . . . . .	139
<i>Цымбал В. В., Tkachenko A., Lehmann H.</i>	
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ CP-ЗВЁЗД МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ: СРАВНЕНИЕ С ДАННЫМИ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ . . . . .	139
<i>Рябчинова Т. А., Романовская А. М., Шуляк Д. В.</i>	
ПРОЯВЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЗВЁЗД ПО НАБЛЮДЕНИЯМ КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА КЕПЛЕР . . . . .	140
<i>Саванов И. С.</i>	
АКТИВНОСТЬ КРАСНЫХ КАРЛИКОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С ТЕЛЕСКОПАМИ KEPLER И GALEX . . . . .	140
<i>Дмитриенко Е. С.</i>	
ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ФОТОСФЕРЫ НА СОСТОЯНИЕ НАДФОТОСФЕРНОГО ГАЗА . . . . .	141
<i>Белова О. М., Бычков К. В.</i>	

Устойчивость нестационарного охлаждения чисто водородного газа относительно числа учитываемых дискретных уровней . . . . .	141
<i>Бычков К. В., Белова О. М.</i>	
Новые переменные звёзды по фотографическому архиву: полуавтоматические открытия и эксперименты по автоматической классификации . . . . .	142
<i>Самусь Н. Н., Антипин С. В., Бекер И., Жарова А. В., Зубарева А. М., Колесникова Д. М., Пичара К., Соколовский К. В.</i>	
Поиск и исследование переменных звёзд по ПСЗ-наблюдениям в созвездии Кассиопея . . . . .	142
<i>Крюкова Е. А., Попов А. А., Бурданов А. Ю., Назаров С. В., Кутков О. Е., Лапухин Е. Г.</i>	
Результаты нового спектрального и фотометрического исследования затменной переменной UU Cas . . . . .	143
<i>Горда С. Ю., Полушина Т. С.</i>	
Моделирование кривых блеска затменной двойной системы V1239 Her . . . . .	143
<i>Лукин В. В., Маланчев К. Л., Шакура Н. И., Постнов К. А., Четкин В. М., Галанин М. П.</i>	
План Г. А. Шайна по исследованию межзвёздной среды и вопросов космогонии диффузных туманностей . . . . .	144
<i>Бондарь Н. И.</i>	
План Шайна: архив, оцифровка, доступ . . . . .	144
<i>Шляпников А. А., Бондарь Н. И.</i>	
Результаты поиска гигантских импульсов пульсаров на телескопе БСА ФИАН на частоте 111 МГц . . . . .	145
<i>Казанцев А. Н., Потапов В. А.</i>	
О второй производной периода вращения и показателе торможения радиопульсаров . . . . .	145
<i>Малов И. Ф.</i>	
О поиске гамма-излучения от известных радио-пульсаров и радио-излучения от гамма-пульсаров . . . . .	146
<i>Тимиржеева М. А., Малов И. Ф.</i>	
Исследования особенностей радиоизлучения пульсаров с использованием спектров мощности Фурье . . . . .	146
<i>Малофеев В. М., Тюльбашев С. А.</i>	
Поиск пульсаров в мониторинговых наблюдениях на частоте 111 МГц . . . . .	147
<i>Малофеев В. М., Тюльбашев С. А., Тюльбашев В. С., Китаева М. А., Чернышова А. И., Малов О. И., Родин А. Е., Теплых Д. А., Орешко В. В., Логвиненко С. В., Чашей И. В., Шишов В. И., Дагжесаманский Р. Д.</i>	
Поиск быстрых радио транзиентов на частоте 111 МГц . . . . .	147
<i>Малофеев В. М., Тюльбашев С. А., Тюльбашев В. С., Логвиненко С. В., Орешко В. В., Дагжесаманский Р. Д., Чашей И. В., Шишов В. И.</i>	
Особенности переменности лучевых скоростей и спектрофотометрических параметров линий в спектре сверхгиганта $\kappa$ Cas . . . . .	148
<i>Рзаев А. Х.</i>	
Оценка масс избранных звёзд пулковской программы методом астрометрии . . . . .	148
<i>Шахт Н. А., Горшанов Д. Л., Василькова О. О.</i>	
Массивные двойные системы в молодых звёздных скоплениях . . . . .	149
<i>Тарасов А. Е.</i>	
Исследование двойной звёздной системы RZ Cas с использованием доплеровской томографии . . . . .	150
<i>Агафонов М. И., Шарова О. И., Цымбал В. В., Ляшко Д., Lehmann H., Мкртчян Д.</i>	
Теоретическое прогнозирование светимостей $\text{roAr}$ звёзд . . . . .	150
<i>Алентьев Д. В.</i>	
Маломассивные члены ассоциации Бета Живописца: принадлежность к ассоциации, распределение периодов вращения, зависимость от кратности систем . . . . .	151
<i>Мессина С., Ланзафам А. С., Артеменко С., Мало Л., Десидера С., Бучино А., Жанг Л.</i>	
Изменения режимов аккреции от цикла к циклу синодического периода у полюра ВУ Сам . . . . .	151
<i>Бабина Ю. В., Павленко Е. П., Андреев М. А.</i>	
Обнаружение слабого магнитного поля у высокоамплитудной звезды типа $\delta$ Щита 1 Единорога . . . . .	152
<i>Бакланова Д. Н., Мкртчян Д. Е.</i>	

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ МАЗЕРА $H_2O$ В IC 1396 N: РАЗРУШЕНИЕ ПРОТОПЛАНЕТНОГО ДИСКА? . . . . .	152
<i>Баяндина О. С., Вальтц И. Е., Куртц С. Е., Рудницкий Г. М., Алакоз А. В.</i>	
ОБЗОР МЕТАНОЛЬНЫХ МАЗЕРОВ I КЛАССА В ЛИНИЯХ OH НА РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРЕ VLA . . . . .	153
<i>Баяндина О. С., Вальтц И. Е., Куртц С. Е., Шахворостова Н. Н.</i>	
КАТАЛОГ СРЕДНИХ ФАЗОВЫХ МАГНИТНЫХ КРИВЫХ ЗВЁЗД. II. . . . .	153
<i>Бычков В. Д., Бычков Л. В., Мадей Ю.</i>	
ЭМИССИОННЫЕ СВОЙСТВА ОХЛАЖДАЮЩЕЙСЯ ПЛАЗМЫ В РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ЛИНИЯХ ВОДОРОДА И МЕТАЛЛОВ . . . . .	154
<i>Васильев Е. О.</i>	
СУБМИЛЛИМЕТРОВЫЙ ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТР МОЛОДОЙ ОБЛАСТИ ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЯ . . . . .	154
<i>Дроздов С. А., Шекинов Ю. А.</i>	
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕСНОЙ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ LAN30 . . . . .	154
<i>Дёмина Н. Р., Шиманский В. В., Борисов Н. В., Габдеев М. М.</i>	
ЭВОЛЮЦИОННЫЙ СТАТУС ЗВЁЗД ТИПА Т ТЕЛЬЦА . . . . .	155
<i>Еретнова О. В., Дудоров А. Е.</i>	
АНАЛИЗ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЯРКИХ ОБЪЕКТОВ GAIA НА ТЕЛЕСКОПАХ ОБСЕРВАТОРИИ TUBITAK . . . . .	155
<i>Галеев А. И., Маричева М. И., Нурьев Н. Н., Хамитов И. М., Эсеноглу Х.</i>	
ЦИФРОВАЯ ВЕРСИЯ КАТАЛОГОВ ПЛАНА Г. А. ШАЙНА . . . . .	156
<i>Горбунов М. А., Шляпников А. А.</i>	
НАБЛЮДЕНИЕ ЗВЁЗД ИЗ КАТАЛОГА GTSn-10 . . . . .	156
<i>Горбунов М. А., Москвин В. В., Рублевский А. Н., Шляпников А. А.</i>	
АКТИВНОСТЬ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ SAX J2103.5+4545 В ОПТИЧЕСКОМ И ИК ДИАПАЗОНАХ В 2004 – 2017 ГГ. . . . .	156
<i>Гришина Т. С., Ларионов В. М., Ефимова Н. В., Ларионова Е. Г.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВЁЗДНОЙ СИСТЕМЫ $\sigma$ SCO . . . . .	157
<i>Игнатов В. К., Цымбал В. В., Ткаченко А.</i>	
ВЛИЯНИЕ СЕДИМЕНТАЦИИ ПЫЛИ НА МАГНИТНОЕ ПОЛЕ АККРЕЦИОННЫХ ДИСКОВ МОЛОДЫХ ЗВЁЗД . . . . .	157
<i>Хайбрахманов С. А., Писклова М. А., Дудоров А. Е.</i>	
МАГНИТОКАВИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ АТМОСФЕРЫ КРАСНОГО КАРЛИКА . . . . .	157
<i>Кийков С. О.</i>	
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТРУИ ИЗ АККРЕЦИРУЮЩЕЙ НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЫ С МЕЖЗВЁЗДНОЙ СРЕДОЙ . . . . .	158
<i>Кийков С. О.</i>	
МЕЖЗВЁЗДНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В ВЫСОКИХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ШИРОТАХ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЗОРОВ . . . . .	158
<i>Кальпио Е. Ю., Карпов С. В., Малков О. Ю., Миронов А. В., Сичевский С. Г., Длужневская О. Б., Жао Г., Жуков А. О., Ковалева Д. А., Мерфи Дж., Микаэлян А.</i>	
АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКОГО ЦИКЛОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛЯРА CRTS CSS081231 J071126+440405 . . . . .	158
<i>Колбин А. И., Серебрякова Н. А., Габдеев М. М., Борисов Н. В.</i>	
ЭФФЕКТЫ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ЛТР ЛИНИЙ ГЕЛИЯ У ПОЗДНИХ В-ЗВЁЗД . . . . .	159
<i>Кортин С. А., Рябчикова Т. А.</i>	
КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ПРОСВЕТЛЕНИЯ ФОТОСФЕРЫ БЕЛОГО КАРЛИКА С СИЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ДЛЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ . . . . .	159
<i>Корягин С. А.</i>	
ИОНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПРОТОПЛАНЕТНЫХ ДИСКОВ . . . . .	160
<i>Кочина О. В., Акимкин В. В.</i>	
СУПЕРВСПЫШКИ МАЗЕРА $H_2O$ В ИСТОЧНИКЕ IRAS 18316-0602 . . . . .	160
<i>Лехт Е. Е., Пащенко М. И., Рудницкий Г. М., Толмачёв А. М.</i>	
ПЕРЕМЕННОСТЬ МАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ $H_2O$ В МОЛОДОМ ЗВЁЗДНОМ ОБЪЕКТЕ GN2O 092.67+03.07 . . . . .	161
<i>Лехт Е. Е., Пащенко М. И., Рудницкий Г. М., Толмачёв А. М.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ БИПОЛЯРНОГО ЗВЁЗДНОГО ДЖЕТА СИМБИОТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ R Aqr С ПОМОЩЬЮ КАМЕРЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ WFC3/UVIS ТЕЛЕСКОПА ХАББЛ . . . . .	161
<i>Мельников С. Ю., Айслофель Й.</i>	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СР-ЗВЁЗД . . . . .	162
<i>Моисеева А. В., Романюк И. И., Семенко Е. А.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ МАССИВНЫХ СВЕРХНОВЫХ В САО РАН . . . . .	162
<i>Москвитин А. С., Фатхуллин А. С.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРА ОПТИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ ДВОЙНОЙ МАССИВНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ СИСТЕМЫ IGR J21343+4738. . . . .	163
<i>Николаева Е. А., Бикмаев И. Ф., Шиманский В. В., Галеев А. И., Жучков Р. Я., Иртуганов Э. Н., Мельников С. С., Сахибуллин Н. А.</i>	
АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА МАСКИ ДЛЯ РАСЧЁТА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПО ПОЛЯРИЗОВАННЫМ СПЕКТРАМ	163
<i>Панков Н. Ф.</i>	
АНАЛИЗ КАРТ МАССИВНЫХ ЯДЕР С РАЗЛИЧНОЙ КИНЕМАТИКОЙ С ПОМОЩЬЮ 1D МОДЕЛИ . . . . .	164
<i>Пирогов Л. Е., Землянуха П. М.</i>	
ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗВЕЗДЫ FK Сом И ПОИСК КАНДИДАТОВ В ЗВЁЗДЫ ТИПА FK Сом . . . . .	164
<i>Пузин В. Б. Саванов И. С., Дмитриенко Е. С., Бурданов А. Ю.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ С ЧЁРНЫМИ ДЫРАМИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ МАСС . . . . .	165
<i>Рябова М. В., Васильев Е. О., Горбан А. С., Щекниев Ю. А.</i>	
ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СГУСТКОВ В МАССИВНОМ ВОЛОКНЕ ПО РАДИОЛИНИЯМ МЕТАНОЛА . . . . .	165
<i>Самий С. В., Кирсанова М. С., Соболев А. М.</i>	
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПУЛЬСАРОВ . . . . .	166
<i>Сергеев С. И.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГИИ ДЕСОРБЦИИ АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА НА ХИМИЧЕСКУЮ ЭВОЛЮЦИЮ В ОБЛАСТЯХ ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЯ . . . . .	166
<i>Сokolova В. А., Островский А. Б., Васюнин А. И.</i>	
СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИМБИОТИЧЕСКОЙ НОВОЙ PU Vul в 2009 – 2016 гг. . . . .	167
<i>Тарасова Т. Н., Татарникова А. А., Колотылов Е. А., Шугаров С. Ю., Бурлак М. А., Татарников А. М.</i>	
МОНИТОРИНГ СРЕДНИХ ПРОФИЛЕЙ ПУЛЬСАРОВ ПО ДАННЫМ НОВОЙ МНОГОЛУЧЕВОЙ ДИАГРАММЫ БСА ФИАН . . . . .	167
<i>Торопов М. О., Родин А. Е., Самодуров В. А.</i>	
ДИНАМИКА МАГНИТНЫХ СИЛОВЫХ ТРУБОК И ИК-ПЕРЕМЕННОСТЬ МОЛОДЫХ ЗВЁЗДНЫХ ОБЪЕКТОВ . . . . .	168
<i>Хайбрахманов С. А., Дудоров А. Е., Соболев А. М.</i>	
ЦИКЛИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ ВF Ori, НЕУСТОЙЧИВЫЙ ДЛИННЫЙ ЦИКЛ ИЛИ ДВА КОРОТКИХ? . . . . .	168
<i>Шаховской Д. Н., Белан С. П., Ростопчина А. Н., Антонюк К. А., Османов М. И.</i>	
НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛАКТИЧЕСКИХ H <sub>2</sub> O МАЗЕРОВ СО СВЕРХВЫСОКИМ УГЛОВЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ НА КОСМИЧЕСКОМ ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ РАДИОАСТРОН . . . . .	169
<i>Шахворостова Н. Н., Алакоз А. В., Соболев А. М.</i>	
МОНИТОРИНГ ПЕРЕМЕННОСТИ МАЗЕРОВ H <sub>2</sub> O НА РАДИОТЕЛЕСКОПЕ РТ-22 КРАО (СИМЕИЗ) В РАМКАХ ПОДДЕРЖКИ КОСМИЧЕСКОЙ МИССИИ РАДИОАСТРОН . . . . .	169
<i>Шахворостова Н. Н., Вольвач А. Е., Вольвач Л. Н., Алакоз А. В., Баяндина О. С., Вальтц И. Е., Лехт Е. Е., Рудницкий Г. М.</i>	
НЕСТАЦИОНАРНАЯ ИОНИЗАЦИЯ В ОБОЛОЧКАХ СВЕРХНОВЫХ II ТИПА НА ФОТОСФЕРНОЙ ФАЗЕ . . . . .	170
<i>Шахворостова Н. Н., Поташов М. Ш., Блинников С. И., Утробин В. П.</i>	
НАБЛЮДЕНИЯ ТУМАННОСТЕЙ. КАТАЛОГИ И АРХИВ ФОТОПЛАСТИНОК . . . . .	170
<i>Шляпников А. А., Смирнова М. А., Елизарова Н. В.</i>	
АНАЛИЗ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ЗВЁЗД ИЗ КАТАЛОГА GTSn-10 ПО ДАННЫМ CRTS . . . . .	171
<i>Шляпников А. А.</i>	
<b>VI. Внегалактическая астрономия, астрофизика высоких энергий и космология</b>	
ОБСЕРВАТОРИЯ ИНТЕГРАЛ: 15 УСПЕШНЫХ ЛЕТ НА ОРБИТЕ . . . . .	173
<i>Лутовинов А. А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ NGC4559 X-10 И NGC4395 ULX-1 В РЕНТГЕНОВСКОМ И ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНАХ . . . . .	173
<i>Винокуров А. С., Атапин К. Е., Фабрика С. Н.</i>	
ДИНАМИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РЕЛЯТИВИСТСКИХ БЕССТОЛКНОВИТЕЛЬНЫХ УДАРНЫХ ВОЛНАХ . . . . .	173
<i>Гарасёв М. А., Дерюшев Е. В.</i>	

ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК ИЗ ОБЗОРА ВСЕГО НЕБА ОБСЕРВАТОРИИ ИМ. ПЛАНКА . . .	174
<i>Буренин Р. А., Бижмаев И. Ф., Хамитов И. М., Еселевич М. В., Сюняев Р. А.</i>	
ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ДО ГАЛАКТИК В МЕСТНОМ ОБЪЕМЕ . . . . .	174
<i>Антипова А. В., Макаров Д. И., Макарова Л. Н.</i>	
ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУЙ АКТИВНЫХ ЯДЕР ГАЛАКТИК . . . . .	175
<i>Пушкарев А. Б., Ковалев Ю. Ю., Листер М. Л., Саволайнен Т., Аллер М. Ф., Аллер Х. Д., Ходж М.</i>	
КВАЗАР 0850+581: ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В РЕЛЯТИВИСТСКОЙ СТРУЕ И ЕЁ ОКРЕСТНОСТЯХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА МНОГОЧАСТОТНЫХ РСДБ НАБЛЮДЕНИЙ В ДИАПАЗОНЕ 4–43 ГГц . . . . .	175
<i>Кравченко Е. В., Ковалев Ю. Ю.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ КВАЗАРА 3С 273 НА НАЗЕМНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПАХ . . . . .	176
<i>Лисаков М. М., Ковалев Ю. Ю., Кравченко Е. В.</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОВОЛНОВОГО МОНИТОРИНГА КВАЗАРА PKS 0420-014 С 2008 ПО 2017 ГГ. . . . .	176
<i>Троицкий И. С., Морозова Д. А., Эрштадт С. Г., Ларионов В. М., Маршер А., Агудо И., Блинов Д. А., Смит П. С., Троицкая Ю. В.</i>	
МЕТАЛЛИЧНОСТЬ МОЛОДЫХ И СТАРЫХ ЗВЁЗД ИРРЕГУЛЯРНЫХ ГАЛАКТИК . . . . .	177
<i>Тихонов Н. А.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ЗВЁЗДООБРАЗОВАНИЯ И ПАРАМЕТРАМИ ГАЗА И ПЫЛИ В ГАЛАКТИКАХ . . . . .	177
<i>Смирнова К. И., Вибе Д. З.</i>	
ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗАЦИИ ГАЗА В ГАЛАКТИКАХ: ДОПОЛНЕНИЕ К КЛАССИЧЕСКИМ МЕТОДАМ . . . . .	178
<i>Опарин Д. В., Моисеев А. В.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕМЕННОСТИ СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC 7469 ЗА ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ 1967–2015 ГГ. . . . .	179
<i>Уголькова Л. С., Артамонов Б. П., Бруевич В. В., Гусев А. С., Ежкова О. В., Шимановская Е. В.</i>	
НЕОЖИДАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ КВАЗАРОВ В ОПТИЧЕСКОМ И РАДИОДИАПАЗОНАХ . . . . .	180
<i>Ковалев Ю. Ю., Петров Л. Ю., Плавин А. В.</i>	
ТЕНИ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЧЁРНЫХ ДЫР . . . . .	180
<i>Репин С. В., Компенец Д. А., Новиков И. Д., Митягина В. А.</i>	
ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ И ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПОВЕДЕНИЯ БЛАЗАРА АО 0235+164 . . . . .	180
<i>Шабловинская Е. С.</i>	
НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РЕИОНИЗАЦИИ НЕII И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ КВАЗАРОВ . . . . .	181
<i>Хрыкин И. С., Nppawí J. F., McQuinn M.</i>	
ПОИСК В ДАННЫХ КРУГЛОСУТОЧНОГО ОБЗОРА БСА ФИАН (110 МГц) ТРАНЗИЕНТНЫХ СОБЫТИЙ СО ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ДИСПЕРСИОННЫМИ ЗАДЕРЖКАМИ ОТ ПУЛЬСАРОВ И ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (РАДИО-ВСПЛЕСКИ FRB, ОТКЛИКОВ НА ГАММА-ВСПЛЕСКИ GRB, ОТКЛИКИ НА ГРАВИТАЦИОННО-ВОЛНОВЫЕ СОБЫТИЯ LIGO/VIRGO) . . . . .	182
<i>Самодуров В. А., Позаненко А. С., Торопов М. О., Родин А. Е., Чураков Д. Д., Думский Д. В., Исаев Е. А., Казанцев А. Н., Логвиненко С. В., Минаев П. Ю., Орешко В. В., Пугачев В. Д., Федорова В. А.</i>	
ГАЛАКТИКИ БЛИЗКИХ ПУСТОТ: ВОПРОСЫ, СЕГОДНЯШНИЕ ОТВЕТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ . . . . .	183
<i>Пустильник С. А., Теплякова А. Л., Макаров Д. И., Перепелицына Ю. А., Князев А. Ю.</i>	
ОГРАНИЧЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКУЮ ПРИРОДУ КОМПОНЕНТОВ ДЖЕТА БЛАЗАРА S5 0716+71, ПОЛУЧАЕМЫЕ ИЗ МНОГОВОЛНОВОЙ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ПЕРЕМЕННОСТИ ОБЪЕКТА . . . . .	183
<i>Бутузова М. С., Жовтан А. В., Стригунов К. С.</i>	
НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ КАК ПРИЧИНА ОГРАНИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ АСТРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ . . . . .	184
<i>Ларченкова Т. И., Лутовчинов А. А., Лыскова Н. С.</i>	
ПРОВЕРКА ЭЙНШТЕЙНОВСКОГО ПРИНЦИПА ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА РАДИОАСТРОН . . . . .	184
<i>Ливинев Д.</i>	
ВЫСОКАЯ ЯРКОСТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА И ПРИЗНАКИ МЕЖЗВЁЗДНОГО РАССЕЯНИЯ В КВАЗАРЕ 87GB 0529+483 ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА РАДИОАСТРОНЕ . . . . .	185
<i>Пилипенко С. В., Ковалев Ю. Ю., Войцех П. А., Лисаков М. М., Johnson M. D., Соколовский К. В., Андрианов А. С., Рудницкий А. Г., Ковалев Ю. А., Жеканис Г. В., Мельников А. Е., Гурвиц Л. И., Edwards P. G., Jauncey D. L., Novatta T.</i>	

СТРУКТУРА И ПЕРЕМЕННОСТЬ КОМПАКТНОГО БЛАЗАРА 0235+164 В РАДИОДИАПАЗОНЕ . . . . .	185
<i>Кутъкин А. М., Пащенко И. Н., Лисаков М. М., Войцук П. А., Соколовский К. В., Ковалев Ю. Ю., Лобанов А. П., Ипатов А. В., Аллер М., Аллер Х., Лахтеенмаки А.</i>	
ВИДИМЫЙ СДВИГ РСДБ ЯДРА С ЧАСТОТОЙ В УЛЬТРАКОМПАКТНЫХ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ РАДИОИСТОЧНИКАХ . . . . .	186
<i>Войцук П. А., Ковалев Ю. Ю.</i>	
МАССОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГА ЯДРА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В АСТРОФИЗИКЕ И АСТРОМЕТРИИ . . . . .	186
<i>Плавин А. В., Ковалев Ю. Ю., Пушкарев А. Б.</i>	
РАТАН-600 – РАДИОАСТРОНУ. 3. СПЕКТРАЛЬНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ СТРУИ В 2000 ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ РСДБ-ОБЪЕКТАХ . . . . .	187
<i>Ковалев Ю. А., Ковалев Ю. Ю., Нижельский Н. А., Жеканис Г. В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОСВОЙСТВ GPS/CSS ОБЪЕКТОВ . . . . .	187
<i>Сотникова Ю. В., Майорова Е. К., Мингалиев М. Г., Эрженев А. К., Удовичук Р. Ю.</i>	
ЭХО-КАРТИРОВАНИЕ АККРЕЦИОННЫХ ДИСКОВ В АКТИВНЫХ ЯДРАХ ГАЛАКТИК . . . . .	188
<i>Сергеев С. Г.</i>	
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЕ ВСПЫШЕЧНОЕ ЯВЛЕНИЕ В БЛАЗАРЕ 3С 454.3 В 2013 - 2017 ГГ. . . . .	189
<i>Вольвач А. Е., Ларионов М. Г., Вольвач Л. Н.</i>	
ОГРАНИЧЕНИЯ СКАЛЯРНО-ТЕНЗОРНОЙ ТЕОРИИ ХОРНДЕСКИ ИЗ ДВОЙНЫХ ПУЛЬСАРОВ . . . . .	190
<i>Авдеев Н. А., Дядина П. И.</i>	
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ В ГАЛАКТИКЕ . . . . .	190
<i>Аракелян Н. Р., Пилипенко С. В., Шарина М. Е.</i>	
СВЕРХМОЩНАЯ ВСПЫШКА БЛАЗАРА СТА 102 В ДЕКАБРЕ 2016 – ЯНВАРЕ 2017 ГОДА . . . . .	191
<i>Борман Г. А., Ларионов В. М., Эриштадт С. Г., Маршер А. П., Смит П. С., Агудо И., Савченко С. С., Морозова Д. А., Гришина Т. С., Копайцкая Е. Н., Ларионова Л. В., Ларионова Е. Г., Мокрушина А. А., Троицкий И. С., Троицкая Ю. В.</i>	
КАТАЛОГ РАДИОИСТОЧНИКОВ В ОБЗОРЕ НЕБА НА РАТАН-600 . . . . .	191
<i>Бурсов Н. Н., Парийский Ю. Н., Кудряшова А. А., Семёнова Т. А.</i>	
ВЛИЯНИЕ ДОПЛЕРОВСКОГО УСИЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ НА МИКРОПЕРЕМЕННОСТЬ БЛАЗАРА S5 0716+71 В РАМКАХ МОДЕЛИ ВИНТОВОГО ДЖЕТА . . . . .	192
<i>Бутузова М. С., <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">Дорошенко В. Т.</span></i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ КОМПОНЕНТОВ РСДБ-ДЖЕТА БЛАЗАРА S5 0716+71 В ПРЕДПОЛОЖЕНИИ ВИНТОВОЙ ФОРМЫ ДЖЕТА . . . . .	192
<i>Бутузова М. С.</i>	
ОБРАТНОЕ КОМПТОНОВСКОЕ РАССЕЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ КВАЗАРА 3С 273 ЭЛЕКТРОНАМИ БЛИЗНЕГО УЗЛА ЕГО КИЛОПАРСЕКОВОГО ДЖЕТА . . . . .	193
<i>Бутузова М. С.</i>	
ОБЗОР АКТИВНЫХ ЯДЕР ГАЛАКТИК С НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕРОМЕТРОМ РАДИОАСТРОН . . . . .	193
<i>Войцук П. А., Ковалев Ю. Ю.</i>	
СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕМЕННОСТИ GPS РАДИОИСТОЧНИКОВ КАТАЛОГА «PLANCK» . . . . .	194
<i>Вольвач А. Е., Ларионов М. Г., Вольвач Л. Н.</i>	
КАТАЛОГ «PLANCK» – ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕМЕННОСТИ АЯГ НА МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛНАХ . . . . .	194
<i>Вольвач А. Е., Ларионов М. Г., Вольвач Л. Н.</i>	
ФИЗИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЯГ АО 0235+164 . . . . .	195
<i>Вольвач А. Е., Ларионов М. Г., Вольвач Л. Н.</i>	
STUDY OF CH <sub>3</sub> OH GAS AROUND SERPHEUS A HW2 . . . . .	195
<i>Гарипова Г. М., Соболев А. М., Sanna A., Moscadelli L.</i>	
ПОСТЬЮТОНОВСКИЙ ПРЕДЕЛ ГИБРИДНОЙ $f(R)$ -ГРАВИТАЦИИ . . . . .	196
<i>Дядина П. И., Лабазова С. П., Алексеев С. О.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ГАЛАКТИК В ВОЙДЕ ERIDANUS . . . . .	196
<i>Егорова Е. С., Пустильник С. А., Князев А. Ю.</i>	
КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С ВРАЩАТЕЛЬНОЙ СИММЕТРИЕЙ . . . . .	197
<i>Жовтан А. В., Роцупкин С. Н.</i>	



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАЗО-ПЫЛЕВЫХ ОБЛАКОВ С ГОРЯЧЕЙ СРЕДОЙ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК И ЕГО НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ . . . . .	197
<i>Кешелава Т. В., Пиллипенко С. В., Васильев Е. О., Щежинов Ю. А.</i>	
МАГНИТОКАВИТАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ ВСПЫШЕК И ПЛАЗМЕННЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ КОРОНЫ АККРЕЦИОННОГО ДИСКА НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЫ . . . . .	197
<i>Кийков С. О.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗВЁЗДНОГО ВЕТРА В РЕНТГЕНОВСКИХ ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ . . . . .	198
<i>Ким В. Ю., Исханов Н. Р.</i>	
ПОИСК КОСМИЧЕСКИХ РАДИОВСПЛЕСКОВ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ БОЛЕЕ 5 СЕКУНД НА ЧАСТОТЕ 110 МГц . . . . .	198
<i>Коваленко А. В., Субаев И. А.</i>	
РАТАН-600 – РАДИОАСТРОНУ. 1. СВОЙСТВА МГНОВЕННЫХ СПЕКТРОВ 3500 ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ДИАПАЗОНЕ 1 - 22 ГГц В 1997 - 2017 ГГ. . . . .	199
<i>Ковалев Ю. А., Берлин А. Б., Ковалев Ю. Ю., Жеканис Г. В., Нижельский Н. А., Богданцов А. В., Цыбулёв П. Г., Эркенов А.</i>	
РАТАН-600 – РАДИОАСТРОНУ. 2. ТЕКУЩИЙ ОТБОР АКТИВНЫХ ГАЛАКТИК И КВАЗАРОВ ДЛЯ НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКОГО РСДБ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ СПЕКТРОВ В 2016 - 2017 ГГ. . . . .	199
<i>Ковалев Ю. А., Жеканис Г. В., Ковалев Ю. Ю., Нижельский Н. А., Цыбулёв П. Г., Эркенов А.</i>	
МГНОВЕННЫЕ СПЕКТРЫ И РАДИОСВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ БЛАЗАРОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ НА РАТАН-600. . . . .	200
<i>Мингалиев М.Г.</i>	
КАТАЛОГ СВЕРХМАССИВНЫХ ЧЁРНЫХ ДЫР . . . . .	200
<i>Михеева Е. В.</i>	
МНОГОВОЛНОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ БЛАЗАРА АО 0235+164 ВО ВРЕМЯ ВСПЫШКИ 2015 ГОДА . . . . .	201
<i>Морозова Д. А., Борман Г. А., Троицкий И. С., Троицкая Ю. В., Ларионов В. М.</i>	
МОНИТОРИНГ ОКРЕСТНОСТИ ГАЛАКТИКИ Mrk 501 НА ЧЕРЕНКОВСКОМ ТЕЛЕСКОПЕ ГТ-48: ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО НОВЫЙ ТЭВ-ИСТОЧНИК . . . . .	201
<i>Нешпор Ю. И., Стригунов К. С., Жовтан А. В.</i>	
ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТА СДВИГА РСДБ-ЯДЕР КВАЗАРОВ . . . . .	201
<i>Пащенко И. Н., Кутькин А. М.</i>	
НЕОБЫЧНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ГАЛАКТИК ВОЙДОВ: КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ J0706+3020, БОГАТОГО ГАЗОМ КАРЛИКА С РЕКОРДНО НИЗКОЙ МЕТАЛЛИЧНОСТЬЮ . . . . .	202
<i>Перепелицына Ю. А., Пустильник С. А., Prochaska J. X., Егорова Е. С., Mousseev A. B., Chengalur J. N.</i>	
ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КАТАСТРОФЫ КВАЗАРОВ . . . . .	203
<i>Перов Н. И., Ельцов А. А.</i>	
CAN PERFECT FLUID REPRESENT DARK MATTER IN OUR GALAXY? . . . . .	203
<i>Ротаров А. А., Garipova G. M., Nandi K. K.</i>	
МНОГОЛЕТНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ БЛАЗАРОВ BL LACERTAE И 1ES 1426+428 НА ЧЕРЕНКОВСКОМ ТЕЛЕСКОПЕ ГТ-48 . . . . .	204
<i>Стригунов К. С., Жовтан А. В.</i>	
ГЛУБОКИЕ ОБЗОРЫ НЕБА РАТАН-600 НА СКЛОНЕНИИ ИСТОЧНИКА SS 433 НА ВОЛНЕ 7.6 СМ В ПЕРИОД 1980-1999 ГГ. КАТАЛОГ РАДИОИСТОЧНИКОВ В ИНТЕРВАЛЕ ПРЯМЫХ ВОСХОЖДЕНИЙ $2^h \leq RA < 7^h$ . . . . .	204
<i>Темирова А. В., Желенкова О. П., Соболева Н. С., Бурсов Н. Н.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОИСТОЧНИКОВ В ЦЕНТРАЛЬНОМ СЕЧЕНИИ RZF КАТАЛОГА. ПОИСК ОБЪЕКТОВ С УЛЬТРА КРУТЫМИ СПЕКТРАМИ . . . . .	205
<i>Темирова А. В., Парийский Ю. Н., Семенова Т. А., Бурсов Н. Н.</i>	
МЕТАЛЛИЧНОСТЬ МОЛОДЫХ И СТАРЫХ ЗВЕЗД ИРРЕГУЛЯРНЫХ ГАЛАКТИК . . . . .	205
<i>Тихонов Н. А.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЛО ТЕМНОЙ МАТЕРИИ: ПРОВЕРКА ЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ КАСПОВ . . . . .	206
<i>Ткачев М. В., Пиллипенко С. В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ПЕРЕМЕННОСТИ БЛАЗАРА 4C 38.41 В 2007-2016 ГГ . . . . .	206
<i>Троицкая Ю. В., Троицкий И. С., Гаген-Торн В. А., Ларионов В. М.</i>	
СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЯДРА СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC7469 В РАЗНЫЕ ЭПОХИ ЕГО АКТИВНОСТИ . . . . .	206
<i>Шарипова Л. М., Бикмаев И. Ф.</i>	
КАТАЛОГИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ВБЛИЗИ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ . . . . .	207
<i>Шляпников А. А., Шелянов Е. Г.</i>	

<b>VII. Астрономическое образование, история и популяризация астрономии</b>	<b>208</b>
АСТРОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ . . . . .	209
<i>Бычков К. В.</i>	
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ТЕМЕ «АСТРОВИОЛОГИЯ» . . . . .	209
<i>Роменская О. М.</i>	
ОТ ПСЗ 2008 К ПСЗ 2017: ПРОБЛЕМЫ И УСПЕХИ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ АСТРОНОМИИ . . . . .	210
<i>Нестеренко А. Р., Нестеренко И. Н.</i>	
СЛОВО ОБ АКАДЕМИКЕ Г. А. ШАЙНЕ . . . . .	210
<i>Гершберг Р. Е.</i>	
ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ АСТРОНОМИИ И НАУК О ЗЕМЛЕ В НАУЧНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЯХ МОЛОДЕЖНОГО КЛУБА «НЕПОСЕДА» . . . . .	211
<i>Боровик В. Н., Карчевский М. Ф., Шахт Н. А., Кияева О. В., Рощина Е. А.</i>	
ЮНОШЕСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ МАЛОЙ АКАДЕМИИ НАУК КРЫМА «ИСКАТЕЛЬ» . . . . .	211
<i>Кичижишева М. В.</i>	
ВТОРОЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ ПОЛЕВОЙ СЕМИНАР ПО АРХЕОАСТРОНОМИИ: АСТРОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АРХЕОАСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ГОРНОЙ ГРЯДЫ СУНДУКИ И ДРУГИХ ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ . . . . .	212
<i>Нестеренко А. Р.</i>	
СИСТЕМА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО АСТРОНОМИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ В КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОМ ЦЕНТРЕ ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ . . . . .	212
<i>Перов Н. И., Тихомирова Е. Н., Роменская О. М.</i>	
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО АСТРОНОМИИ . . . . .	213
<i>Шац Н. В.</i>	
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С БАЗАМИ ДАННЫХ КРЫМСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ . . . . .	213
<i>Шляпников А. А.</i>	

# ПРИГЛАШЁННЫЕ ДОКЛАДЫ

## Место и перспективы отечественной наземной и внеатмосферной астрономии в мировом научном прогрессе

*Балега Ю. Ю.<sup>1,2</sup>, Шустов Б. М.<sup>3,4</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>ФАНО России

<sup>3</sup>Институт астрономии РАН

<sup>4</sup>Совет по космосу РАН

Со времени проведения предыдущей ВАК в российской астрономии произошли события, которые, несомненно, важны или могут оказаться важными для будущего развития астрономии в России.

В 2015 г. по инициативе и при участии Российской академии наук (РАН), Научно-координационного совета при ФАНО России (НКС ФАНО), Министерства образования и науки, Управления Президента по научно-образовательной политике была сформирована межведомственная рабочая группа (РГ) экспертов по астрономии. Группе было поручено провести разработку целостной Программы развития наземной экспериментальной базы астрономии и астрофизики в России, в которой приоритеты участия России в крупных зарубежных астрономических проектах логистически и финансово согласованы с планами развития наземной астрономической инфраструктуры на территории РФ. Важной частью процесса также являлся всеобъемлющий аудит существующих наземных астрономических средств в РФ и рассмотрение вопроса подготовки кадров. Рабочая группа активно вовлекала астрономическое сообщество России в разработку программы развития в рамках открытого конкурсного подхода.

В 2016 г. утверждена Федеральная космическая программа на период 2016-2025 гг. В части проектов, относящихся к направлению внеатмосферной астрономии программа стала более реалистичной и существенно более «скромной» в плане амбиций по сравнению с предыдущим периодом. Также открыто проявились серьезные проблемы в организации программы развития внеатмосферной астрономии.

В 2017 г. ФАНО РФ утвердило Комплексный план научных исследований (КПНИ) в области астрономии. КПНИ объединил ряд академических исследовательских астрономических центров, но вызывает интерес у гораздо более широкого научного сообщества.

За последние годы заметно изменилась структура организации международного сотрудничества на уровне Международного астрономического союза. Астрономическое сообщество России пока что занимает в различных современных проектах недостаточно (мнение автора) активные позиции.

Основная цель доклада – проинформировать астрономическое сообщество России о состоянии дел по указанным направлениям, выделить основные проблемы и предложить (обсудить) необходимые решения, а также обсудить перспективы развития.

## Атмосферы экзопланет

*Бисикало Д. В.*

Институт астрономии РАН

*bisikalo@inasan.ru*

Приводится обзор последних достижений в исследованиях атмосфер экзопланет. Особое внимание уделено атмосферам «горячих юпитеров», что обусловлено как наличием наибольшего количества имеющихся наблюдательных данных, так и значительным прогрессом в теоретическом моделировании экзопланет этого типа. Обсуждаются возможные типы атмосфер «горячих юпитеров» и их свойства.

## Первые результаты наблюдений на 2.5-метровом телескопе МГУ

*Черепашчук А. М.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*cherepashchuk@gmail.com*

2.5-метровый телескоп Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ (КГО) установлен на высоте 2100 м над уровнем моря в горах Карачаево-Черкесской Республики РФ в 30 км к югу от г. Кисловодска. Число ясных ночей в этом месте 180-200 ночей в год, медианное качество изображения  $\sim 0.96''$ . Телескоп на альт-азимутальной установке, системы Ричи-Кретьена с главным 2.5-м зеркалом из церодура. Оптика телескопа обеспечивает концентрацию 80% света в кружке диаметром  $0.3''$ . Телескоп оснащен UVRI ПЗС камерой ( $4k \times 4k$  пикселей), а также ИК-камерой ( $2k \times 2k$  пикселей) с фильтрами ЖНК и спектрографом низкого разрешения ( $R = 1200$ ). В настоящее время ведется изготовление оптического спектрографа среднего разрешения; кроме того сотрудниками ГАИШ для телескопа разработан и введен в эксплуатацию ряд новых высокотехнологичных приемников и анализаторов излучения, реализующих высокое угловое разрешение.

В 2015 – 2017 гг. на телескопе, помимо пуско-наладочных работ и работ, связанных с проведением студенческой практики, велись научные наблюдения. В докладе представлены первые результаты, касающиеся исследований спутников планет, звезд типа Т Тау, рентгеновских двойных систем, звезд типа Вольфа-Райе и симбиотических звезд, а также ядер сейфертовских галактик.

## Активные ядра галактик в поляризованном свете

*Афанасьев В. Л.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*vafan@sao.ru*

Обсуждаются механизмы поляризации излучения в спектрах активных галактик. Приводятся результаты спектрополяриметрических наблюдений выборки активных галактик на 6-м телескопе. На основе исследования изменения угла плоскости поляризации в широких эмиссионных линиях исследована кинематика движений газовых облаков на расстояниях менее 0.1 парсек от центра и определены массы сверхмассивных черных дыр в выборке активных галактик.

## Некоторые проблемы планетной космогонии

Маров М. Я.

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН

Проблемы формирования и эволюции солнечной системы (как и планетных систем у других звёзд) относятся к числу наиболее сложных и интригующих областей современной астрофизики – звёздно-планетной космогонии. Ее основу составляют фундаментальные теоретические концепции и компьютерные модели, опирающиеся на ставшие доступными за последние десятилетия данные астрономических наблюдений процессов формирования и эволюции структуры и состава дисков у звёзд поздних спектральных классов, и особенно обнаружение внесолнечных планет, а также данные лабораторных экспериментов. Ограничениями на создаваемые модели и сценарии реконструкции формирования планетных систем служат также известные механические и космохимические свойства солнечной системы. Последовательность событий, в своей основе исторически не противоречащая гипотезе Канта-Лапласа, включает в себя образование из фрагмента межзвёздного молекулярного облака протопланетной туманности (небулы) и газопылевого аккреционного диска вокруг родительской звезды; его эволюцию, включающую уплотнение и сжатие в средней плоскости диска (субдиска); образование первоначальных рыхлых пылевых кластеров вследствие развития гидродинамической (поточковой) и гравитационной неустойчивостей; появление первичных твердых тел и их рост до размеров планетезималей и зародышей планет в процессах взаимных столкновений, вместе с эвакуацией газа из диска; и наконец, формирование планет при важной роли динамических взаимодействий всей совокупности образующихся тел.

Значительный прогресс в области планетной космогонии был обеспечен возможностью изучения турбулентной структуры аккреционных дисков, детальным моделированием их теплового режима, процессов испарения/конденсации первичных частиц в зависимости от радиального расстояния, механизмов кластеризации и столкновительной динамики. Основополагающий вклад в определение хронологии ключевых процессов формирования солнечной системы внесли лабораторные исследования образцов метеоритов (хондритов). Открытие экзопланет позволило выявить большое разнообразие планетных систем у одиночных и двойных звёзд, исследовать особенности их динамики и вместе с тем обнаружить наличие землеподобных планет в пределах зон обитания в окрестности родительской звезды, что представляет первостепенный интерес для астробиологии и одновременно остро ставит вопрос о вероятной уникальности солнечной системы. Громадные успехи звёздно-планетной космогонии, достигнутые за последние десятилетия, не позволяют, тем не менее, ответить на ряд принципиальных вопросов относительно образования планетных систем.

## Новые вызовы в физике солнечных вспышек

Степанов А. В.<sup>1</sup>, Зайцев В. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup> Институт прикладной физики РАН

Представлены новые вызовы в «стандартной» модели солнечных вспышек, обусловленные наблюдениями с помощью современных наземных телескопов и космических обсерваторий. Наиболее важными вызовами являются нагрев фотосферы и хромосферных оснований корональных магнитных петель *in situ* до корональных температур без внедрения частиц, ускоренных в короне, а также «солнцетрясения», которые не объясняются воздействием высокоэнергичных частиц на фотосферу и хромосферу, вызывающим жесткое рентгеновское излучение. Имеется и давняя проблема необычно большого числа ускоренных при вспышке заряженных частиц.

Показано, что современные наблюдения солнечных вспышек свидетельствуют о важной роли электрических токов в процессах энерговыделения в нижних слоях солнечной атмосферы. Предлагается механизм ускорения частиц в электрическом поле, возникающем из-за фотосферной конвекции и магнитной неустойчивости Рэлея-Тейлора в хромосферных основаниях магнитных петель. Найдена величина электрического тока ( $\geq 10^{10}$  А), необходимая для возбуждения сверх-Драйсеровых электрических полей в хромосфере. Установлено, что джоулева диссипация электрических токов и ускоренные в хромосфере частицы могут быть ответственны за нагрев *in situ* нижних слоёв атмосферы Солнца. Развивается модель солнечной вспышки, основанная на аналогии Альфвена-Карлквиستا между вспышечной петлёй и эквивалентной электрической цепью, которая эффективна для диагностики параметров вспышечной плазмы и электрического тока. В контексте ускорения частиц исследовано взаимодействие токонеющей вспышечной петли с частично ионизированной плазмой протуберанца. Обсуждается роль суб-ТГц и ТГц наблюдений в изучении процессов в хромосфере Солнца.

## Наземно-космический интерферометр «РадиоАстрон»: результаты и перспективы

*Кардашев Н. С., Ковалев Ю. Ю.*

Астрокосмический центр ФИАН

*yuk@asc.rssi.ru*

Наземно-космический интерферометр РадиоАстрон обеспечил наивысшее угловое разрешение, достигнутое на сегодняшний день в астрономии. В докладе будут представлены результаты исследований активных галактик, пульсаров, мазеров и межзвездной среды на РадиоАстроне с участием до сорока крупнейших наземных радиотелескопов. Результаты включают в себя открытие экстремальной яркости ядер галактик, восстановление информации о внутренней структуре их разрешенных джетов и магнитного поля рядом с центральной машиной, открытие нового эффекта рассеяния радиоволн на межзвездной плазме Галактики, обнаружение ультракомпактных облаков мегамазеров водяного пара. В заключении обсуждаются основные параметры, научные задачи и перспективы миссии «Миллиметров».

## Гравитационно-волновая астрономия: первые результаты и перспективы

*Постнов К. А.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

Будет сделан обзор первых результатов работы гравитационно-волновых интерферометров научной коллаборации LIGO/Virgo, полученных в 2015 – 2017 гг.

Основное внимание будет уделено наиболее надежным зарегистрированным источникам от массивных сливающихся двойных черных дыр (GW150914, GW151226, GW170104) и возможно LVT151012. Будут рассмотрены физические и астрофизические приложения полученных результатов и современные каналы образования массивных двойных черных дыр во Вселенной, а также перспективы гравитационно-волновой астрономии в ближайшем будущем.

## Рентгеновские обзоры всего неба сегодня и завтра. Обсерватория Спектр-Рентген-Гамма

*Сазонов С. Ю.*

Институт космических исследований РАН

Осенью 2018 г. планируется вывод на орбиту рентгеновской обсерватории Спектр-Рентген-Гамма, совместного проекта России и Германии. Главной задачей обсерватории является проведение рентгеновского обзора всего неба в диапазоне энергий 0.2–11 кэВ с рекордной чувствительностью. Ожидается, что в ходе четырёхлетнего обзора будет открыто порядка ста тысяч скоплений галактик, несколько миллионов активных ядер галактик и сотни тысяч галактических источников. Чтобы максимально полно реализовать огромный научный потенциал обсерватории СРГ, потребуется участие большого количества российских ученых в обработке и интерпретации данных рентгеновских телескопов eROZITA и ART-XC, а также наблюдениях рентгеновских источников, открытых в ходе обзора, с помощью оптических и радио телескопов. В докладе будет представлен обзор ключевых результатов, полученных в ходе предыдущих рентгеновских обзоров большой площади, и научных перспектив обзора всего неба обсерватории СРГ.

## Органическая пыль в областях звёздообразования

*Виббе Д. З.*

Институт астрономии РАН

*dwiebe@inasan.ru*

В докладе будут представлены результаты последних исследований эволюции органических частиц, в первую очередь ароматических, в областях звёздообразования и в зонах ионизованного водорода, как галактических, так и внегалактических. Будут рассмотрены результаты моделирования эволюции органических частиц как на макро-, так и на микроуровне, а также их сопоставление с данными наблюдений областей звёздообразования в ближнем ИК-диапазоне.

## Лёгкие химические элементы в звёздах: загадки и нерешённые проблемы

*Любимков Л. С.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*lyub@crao.crimea.ru*

Первые восемь элементов периодической системы химических элементов – H, He, Li, Be, B, C, N и O – могут существенно менять свое наблюдаемое содержание в процессе звёздной эволюции, начиная уже со стадии главной последовательности (ГП). Их иногда называют «ключевыми элементами» (key elements), имея в виду их ключевую роль в понимании звёздной эволюции. Все эти 8 элементов первоначально были синтезированы в Большом Взрыве. В обзоре приводятся современные данные об их первичном содержании, основанные на Стандартной Модели Большого Взрыва (СМБВ), а также сравнение с наблюдаемыми содержаниями изотопов H, He и Li. Обсуждается загадочное расхождение  $\sim 0.5$  dex между предсказанием СМБМ и наблюдаемым содержанием лития в старых звёздах гало Галактики.

В эволюции звёзд и, в частности, в эволюции содержаний лёгких элементов большую роль, наряду с массой звезды, играет начальная скорость вращения. В обзоре кратко рассмотрены современные данные о скоростях вращения молодых звёзд. Дальнейшее рассмотрение основано на сравнении наблюдаемых содержаний с расчётами моделей вращающихся звёзд.

При анализе данных о содержаниях лёгких элементов основное внимание уделено тем проблемам, которые пока ещё не нашли однозначного объяснения в теории. В частности, для гелия обсуждается несоответствие между наблюдаемым значительным обогащением атмосфер В-звёзд ГП гелием и предсказаниями теории для вращающихся звёзд. Для лития и бериллия обсуждается наблюдаемый тренд, т.е. систематическое понижение их содержаний с уменьшением эффективной температуры  $T_{\text{eff}}$  и массы для FGK-карликов, а также известный провал в распределении их содержаний по  $T_{\text{eff}}$  вблизи  $T_{\text{eff}} \approx 6600$  K, наблюдаемый в старых скоплениях (например, в Гиадах). В случае лития загадку для стандартной теории звёздной эволюции представляют FGK-гиганты и сверхгиганты типов «Li-rich» и «super Li-rich». Для бора данные весьма ограничены, так как линии этого элемента находятся в УФ области спектров, наблюдаемых из космоса; тем не менее, и здесь намечаются некоторые нерешённые вопросы.

Для углерода, азота и кислорода данные достаточно богаты как в случае горячих В- и А-звёзд ГП, так и в случае более продвинутых в эволюционном отношении FGK-гигантов и сверхгигантов. Сравнение наблюдаемых содержаний C, N и O с расчетами моделей вращающихся звёзд демонстрирует успехи теории в объяснении ряда явлений, например, в количественном моделировании давно известной антикорреляции «азот-углерод» у FGK-гигантов и сверхгигантов.



## Перспективы терагерцовой астрономии в России: космический проект «Миллиметрон» и крупный наземный телескоп на Суффе

*Пилипенко С. В., Вдовин В. Ф., Кардашев Н. С., Ларионов М. Г., Смирнов А. В.,  
Артеменко Ю. А., Шанин Г. И. и др.*

Астрокосмический центр ФИАН  
Институт прикладной физики РАН  
Международная радиоастрономическая обсерватория «Суффа»  
*spilipenko@asc.rssi.ru*

Практическое отсутствие эффективных инструментов, работающих в коротковолновой части миллиметрового и в субмиллиметровом (субмм) диапазонах длин волн, иногда именуемых Субтерагерцовым диапазоном (0.1–1.0 ТГц) является серьезным сдерживающим фактором развития отечественной радиоастрономии. В этом диапазоне волн в России есть лишь два инструмента: РТ-22 КраО в Симеизе и два 7 метровых телескопа МВТУ под Дмитровом. По своим характеристикам и по условиям астроклимата, эти инструменты не годятся для решения задач, представляющих реальный интерес даже в окнах прозрачности атмосферы 3, 2 и 1.3 мм, не говоря о субмиллиметровых окнах.

В докладе представлен перечень актуальных астрономических задач, решаемых в рамках наблюдений на коротких ММ и СубММ волнах. Среди которых: изучение возникновения Вселенной и галактик; исследования чёрных дыр на масштабах, сопоставимых с горизонтом событий; поиск воды и исследование возникновения жизни во Вселенной.

Лучшим решением для наблюдений в субмм диапазоне длин волн является размещение инструмента на космической платформе, таким образом, удастся полностью избавиться от негативного влияния атмосферы Земли. Подобный проект активно реализуется в настоящий момент Роскосмосом и АКЦ ФИАН – это проект «Спектр-М» (обсерватория Миллиметрон). В докладе будет представлен облик и научные задачи создаваемой космической обсерватории.

Наземные инструменты с высоким качеством поверхности антенны и расположенные в районах с хорошей прозрачностью атмосферы также обладают значительным потенциалом в СубТГц диапазоне длин волн. Как основной международный проект с российским лидерством в этом сегменте Межведомственной комиссией в 2016 г. был одобрен проект создания обсерватории с 70 метровым радиотелескопом на нагорье Суффа. Проект, ведущийся российско-узбекской кооперацией с 1981 года, в последнее время получил мощный импульс и начал развиваться весьма активно. В настоящем докладе будут представлены основные характеристики строящегося инструмента, детальное рассмотрение проекта и результаты исследования астроклимата, ведущиеся в настоящее время на площадке Суффы в СубТГц диапазоне представлены в секционном докладе В. Вдовина.

Особый интерес представляет реализация режима работы РСДБ космического телескопа Миллиметрон и группы наземных инструментов, важным, если не единственным, элементом которой в северной части восточного полушария станет РТ-70. Наряду с этим режимом обсерватория Миллиметрон предполагает работу в режиме одиночного зеркала с приёмниками диапазонов.

## Нейтринное излучение от взрывов Сверхновых с коллапсом ядра. SN 1987A и поиск нейтринного сигнала от Сверхновых в Галактике

*Петков В. Б.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт ядерных исследований РАН

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

*vpetkov@inr.ru*

Нейтринное излучение играет важную роль в эволюции звёзд, особенно в финальной части эволюции массивных звёзд. По современным представлениям, жизнь звезды с массой, превышающей (6–8) масс Солнца, заканчивается коллапсом ядра. Нейтрино уносят подавляющую часть энергии, эквивалентной дефекту массы сколлапсировавшего объекта – нейтронной звезды или черной дыры. Коллапс может сопровождаться сбросом внешней оболочки, т.е. вспышкой Сверхновой.

Первая и пока единственная сверхновая, от которой было зарегистрировано нейтринное излучение – сверхновая 1987A – вспыхнула на расстоянии 50 кпк, в соседней галактике Большое Магелланово Облако. Детектирование нейтрино от SN 1987A явилось экспериментальным подтверждением крайне важной роли нейтрино в процессе взрыва массивных звёзд. Одним из четырёх детекторов, зарегистрировавших 30 лет назад нейтринные сигналы от SN 1987A, был Баксанский Подземный Сцинтилляционный Телескоп (БПСТ) Баксанской нейтринной обсерватории, 50-летию юбилей которой отмечается в этом году.

В докладе дается обзор современного состояния и перспектив экспериментального поиска нейтринного сигнала от взрывов сверхновых с коллапсом ядра. Обсуждаются проблемы нейтринного излучения от SN 1987A. Рассматриваются характеристики современных и планируемых экспериментов по поиску нейтринного сигнала от коллапсирующих звёзд.

## Поляриметрия малых тел Солнечной системы

*Киселев Н. Н.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*kiselevnn42@gmail.com*

Одной из важнейших характеристик линейно поляризованного излучения, возникающего при рассеянии солнечного излучения на реголитовых частицах малых тел Солнечной системы (астероидов главного пояса (АГП), астероидов, сближающиеся с Землей (АСЗ), спутников планет, комет, кентавров, транс-нептуновых объектов (ТНО)) является зависимость степени поляризации от фазового угла (ФЗП). В работе подводится обзор многолетних поляриметрических исследований комет, АГП, АСЗ, галилеевых спутников Юпитера, Сатурна (Энцелада, Тефии, Реи, Дионы, Япета), проведенных в Крымской астрофизической обсерватории, а также результатов наблюдений больших спутников Урана, кентавров и ТНО, опубликованных в литературе. Рассмотрено сходство и различие параметров положительной ветви поляризации ( $P_{max}$ ,  $\alpha_{max}$ ), формы и параметров отрицательной ветви поляризации ( $h$ ,  $P_{min}$ ,  $\alpha_{min}$ ), отмеченных выше безатмосферных тел Солнечной системы (БТСС), включая поляризационный опозиционный эффект, обнаруженный для высоко альбедных БТСС. Показано значительное различие параметров отрицательной ветви поляризации АГП разных классов. Отмечены астероиды с аномальными поляризационными характеристиками, необычной спектральной зависимостью степени и угла поляризации. Интерпретировано значительное различие в положении и величине максимума поляризации АСЗ S- и E-типа. Обнаружены значительные различия в форме отрицательных ветвей поляризации высокоальбедных спутников Юпитера и Сатурна. Найдена близость параметров отрицательной ветви поляризации ледяных спутников Урана и ТНО небольших размеров. Рассмотрены разные подходы к интерпретации свойств пылинок двух групп комет, значительно различающие по величине поляризации на больших фазовых углах. Рассмотрены основные механизмы – когерентное усиление обратного рассеяния, эффекты ближнего поля, анизотропное рассеяние света на отдельных частицах, теневой механизм, ответственные за наблюдаемые особенности ФЗП БТСС.

# I. МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

## Астрофизический проект Спектр-Рентген-Гамма, текущее состояние

*Павлинский М. Н.*

Институт космических исследований РАН

*mikhailpavlisnky@gmail.com*

В 2018 года планируется запуск на орбиту астрофизической обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма», которая разрабатывается в интересах Российской академии наук в рамках Федеральной космической программы Российской Федерации. В состав «Спектр-РГ» входят два, взаимно дополняющих друг друга, рентгеновских зеркальных телескопа косоугольного падения. Телескоп eROSITA (Германия), предназначенный для наблюдений в диапазоне энергий 0.3 – 10 кэВ, разработан консорциумом немецких институтов и фирм при финансовой поддержке DLR. Институт веземной физики общества им. Макса Планка возглавляет немецкий консорциум. Телескоп ART-XC, предназначенный для наблюдений в более жестком диапазоне энергий 5 – 30 кэВ, разработан РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров) и ИКИ РАН, с участием космического центра им. Маршалла – MSFC/NASA в части рентгеновских зеркальных систем. Оба телескопа установлены соосно на платформе «Навигатор», разработки НПО им. С.А. Лавочкина. Космический аппарат «Спектр-РГ» планируется запустить в окрестность точки Лагранжа L2 системы Солнце – Земля с космодрома Байконур при помощи ракеты «Протон» с разгонным блоком «ДМ-3». Планируемая продолжительность миссии 7.5 лет. Главной задачей обсерватории «Спектр-РГ» будет выполнение рекордного по чувствительности, угловому и энергетическому разрешению обзора всего неба в рентгеновском диапазоне длин волн. Представлено текущее состояние дел по проекту.

## Международная астрономическая обсерватория Суффа

*Вдовин В. Ф.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

Институт прикладной физики РАН

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В последние два года в рамках активизировавшихся российско-узбекских переговоров был дан новый импульс проекту создания Международной астрономической обсерватории Суффа, которая будет оснащена антенной диаметром 70 м, работающей вплоть до коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн. Проект по результатам рассмотрения межведомственной комиссии по крупным инфраструктурным проектам получил один из высших приоритетов. Минобрнауки проработан и направлен на согласование узбекской стороне проект Устава МРАО Суффа.

В докладе представлен текущий статус реализации проекта, рассмотрен перечень актуализированных научных задач обсерватории, представлены результаты анализа состояния зеркала и других компонент антенны, состояние и перспективы развития инфраструктуры, проведенный на основе организованных на Суффу экспедиций. Также представлены результаты выполненной проработки элементов приемного комплекса и разработки и испытаний приёмников – прототипов приёмников РТ-70, а также разработанного двухчастотного приёмника для исследования астроклимата в субтерагерцовом диапазоне частот. Последний приёмник уже более двух лет непрерывно работает на площадке Суффы в режиме измерений астроклимата. В докладе представлены результаты мониторинга астроклимата и рекомендаций в свете полученных результатов по организации научной программы и совершенствованию аппаратного комплекса обсерватории.

## Исследования астроклимата в Специальной астрофизической обсерватории РАН

Лукин В. П.<sup>1</sup>, Носов В. В.<sup>1</sup>, Носов Е. В.<sup>1</sup>, Торгаев А. В.<sup>1</sup>, Афанасьев В. Л.<sup>2</sup>, Балегга Ю. Ю.<sup>2</sup>,  
Власюк В. В.<sup>2</sup>, Панчук В. Е.<sup>2</sup>, Якопов Г. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

<sup>2</sup> Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*lukin@iao.ru*

Как известно (В.Е. Панчук, В.Л. Афанасьев, 2011), исследования астроклимата Северного Кавказа, включая район размещения Специальной астрофизической обсерватории РАН (САО РАН), ведутся уже более полувека, в том числе (с 1956 г.) с целью выбора места установки Большого Телескопа Азимутального (БТА). Авторами настоящего сообщения продолжены исследования астроклимата в САО РАН. Представлены результаты измерений, выполненных в 2012 и 2016 гг.

Проведены измерения мобильными ультразвуковыми метеосистемами суточного хода характеристик астроклимата на 20-метровой метеорологической вышке на площадке вблизи БТА. Установлено присутствие над территорией САО когерентной турбулентности, в которой улучшается качество астрономических изображений телескопов. Причиной ее появления в районе БТА являются неравномерность нагрева подстилающей поверхности и (имеющие протяженность поперек Кавказского хребта) ущелья, создающие «русло» для воздушных масс. Общий уровень зарегистрированной интенсивности турбулентности в ночное наблюдательное время на площадке БТА в среднем низок.

Выполнены измерения астроклимата в подкупольном пространстве БТА, в котором обнаружена интенсивность турбулентности, сравнимая с наружной. Установлено наличие «шахматной структуры» распределения параметров турбулентности под куполом. Зарегистрирована экспериментальная картина движений воздушных подкупольных потоков и выявлено присутствие вихревой когерентной структуры, возникающей вследствие градиента температуры в 2-3 градуса по высоте.

Для анализа влияния температурного режима и конструкций БТА на качество изображения проведено численное моделирование движений воздуха в куполе (путем численного решения уравнений Навье-Стокса). Решения подтверждают возникновение стабильного вихря с вертикальной осью вращения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 15-05-05404, и РНФ, проект № 15-19-20013.

## Космическая обсерватория «Миллиметрон». Текущий статус работ

Смирнов А. В.<sup>1</sup>, Кардашев Н. С.<sup>1</sup>, Бабакин Н. Г.<sup>1</sup>, Мышонкова Н. В.<sup>1</sup>, Федорчук С. Д.<sup>1</sup>,  
Голубев Е. С.<sup>1</sup>, Архипов М. Ю.<sup>1</sup>, Виноградов И. С.<sup>1</sup>, Лихачев С. Ф.<sup>1</sup>, Барышев А. М.<sup>1,2</sup>,  
Вдовин В. Ф.<sup>1,3</sup>, de Graauw M. W. M.<sup>1</sup>, Космович Т. А.<sup>1</sup>, Пилипенко С. В.<sup>1</sup>, Шипилов Г. В.<sup>4</sup>,  
Халиманович В. И.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Kapteyn Astronomical Institute, University of Groningen, Groningen, The Netherlands

<sup>3</sup>Институт прикладной физики РАН

<sup>4</sup>АО «Информационные спутниковые системы» им. Акад. М. Ф. Решетнёва»

*asmirn@asc.rssi.ru*

Астрономические исследования в миллиметровом и ИК диапазонах длин волн имеют огромное значение для понимания механизмов эволюции галактик, звезд и планет. Именно в этой области спектра находится максимум фонового реликтового излучения, спектры галактик и квазаров с большим красным смещением, излучение межзвездного вещества, спектры сложных органических молекул. Новые научные задачи требуют достижения астрономическими инструментами их предельной чувствительности. Для этого необходимо охлаждение не только детекторов, но и конструкции самого телескопа, что позволит уменьшить его собственное тепловое воздействие, которое оказывает значительное влияние при работе астрономических инструментов в ИК диапазоне длин волн. С другой стороны увеличить чувствительность возможно за счет увеличения входной апертуры антенны телескопа. Проект космической обсерватории Миллиметрон, разрабатываемый Астрокосмическим центром ФИАН в кооперации с рядом российских и зарубежных организаций, представляет собой 10 метровый охлаждаемый космический телескоп, работающий в миллиметровом и ИК диапазонах длин волн. Для решения стоящих перед проектом научных задач в составе приемного комплекса обсерватории Миллиметрон планируется использовать фотометрические приемники с предельной чувствительностью, спектрометры среднего ( $\lambda/\Delta\lambda \approx 10^3$ ) и высокого ( $\lambda/\Delta\lambda \approx 10^3$ ) спектрального разрешения, а также приемники, оптимизированные для работы в интерферометрическом режиме, то есть совместимые с приемниками находящимися на наземных радиотелескопах. Использование телескопа, находящегося в 1,5 млн. км от Земли, в качестве плеча для наземно-космического интерферометра субмиллиметрового диапазона, позволит реализовать инструменту беспрецедентное угловое разрешение  $\sim 10^{-8}$  угловых секунд. Требования к бортовым приемникам и системам, а также их параметры соответствуют самому передовому уровню развития технологий в обозначенных диапазонах длин волн. Подобный подход позволит обсерватории Миллиметрон уже сейчас и в дальнейшем быть конкурентоспособной и актуальной по сравнению с лучшими астрономическими инструментами уже созданными и планируемыми к созданию в ближайшее время.

В докладе будут представлены основные параметры обсерватории «Миллиметрон» и технические достижения по отдельным направлениям ее разработки и создания.

## Эшельный спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для БТА

*Валявин Г. Г.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*gvalyavin@sao.ru*

В сообщении будет обсуждаться проект оптоволоконного спектрографа высокого спектрального разрешения ( $R = 30000 - 100000$ ) для комплексных исследований атмосфер звезд, поиска экзопланет, астросейсмологических исследований, исследования звездного магнетизма, активных ядер ярких галактик, межзвездной среды и т.д. Спектрограф обеспечивает четыре основных режима спектральных наблюдений: два режима обычной спектроскопии с одновременным получением спектра фона и без него, режим высокоточной спектроскопии с йодной ячейкой и режим спектрополяриметрических наблюдений с получением всех параметров Стокса. Будут представлены оптическая схема прибора и текущее состояние строительства.

## СОЛСИТ – СОЛнечный СИноптический Телескоп для исследования магнетизма Солнца и космической погоды

Демидов М. Л.<sup>1</sup>, Григорьев В. М.<sup>1</sup>, Ретюнский Л. Б.<sup>1</sup>, Скоморовский В. И.<sup>1</sup>,  
Денисенко С. А.<sup>2</sup>, Пименов Ю. Д.<sup>2</sup>, Липин Н. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН

<sup>2</sup>АО «ЛОМО»

*demid@iszf.irk.ru*

Физика Солнца в последнее время приобретает все большее прикладное значение в контексте солнечно-земных связей (космическая погода и космический климат). При этом все большее внимание уделяется регулярным долгосрочным измерениям магнитных полей, охватывающим всю солнечную поверхность. Только обладая такой информацией, можно (и то при определенных предположениях) рассчитывать параметры гелиосферы, предсказывать геоэффективные явления. Поэтому созданию инструментов, способных обеспечивать такие наблюдения, в мире уделяется значительное внимание. С целью уменьшить значительное отставание России в этой области по сравнению с передовыми странами, несколько лет назад в ИСЗФ СО РАН, в сотрудничестве с АО ЛОМО, были начаты работы по разработке и созданию нового солнечного инструмента, которому, исходя из его основных научных целей, было дано название СОЛСИТ – СОЛнечный СИноптический Телескоп. В июне 2017 г. СОЛСИТ был установлен в специально построенной башне в Байкальской астрофизической обсерватории и начаты работы по организации на нем регулярных наблюдений.

В докладе приводятся основные сведения об оптической схеме и конструктивных элементах СОЛСИТ. Впервые в отечественной практике солнечных наблюдений применена внеосевая схема Мерсена, узел промежуточной щели с принудительным контролируемым охлаждением, объектив-апохромат для видимой и ближней инфракрасной областей спектра. Для регистрации спектров используется компактный навесной спектрограф. В электрооптическом анализаторе поляризации установлены DKDP кристаллы.

## Разработка системы адаптивной оптики для солнечного телескопа

Лукин В. П.<sup>1,2</sup>, Антошкин Л. В.<sup>1</sup>, Большасова Л. А.<sup>1</sup>, Борзилов А. Г.<sup>1</sup>, Ботыгина Н. Н.<sup>1</sup>,  
Емалеев О. Н.<sup>1</sup>, Ковадло П. Г.<sup>2</sup>, Колобов Д. Ю.<sup>2</sup>, Коняев П. А.<sup>1</sup>, Копылов Е. А.<sup>1</sup>,  
Кудряшов А. В.<sup>1</sup>, Лавринов В. В.<sup>1</sup>, Лавринова Л. Н.<sup>1</sup>, Сазонова П. В.<sup>1,3</sup>, Селин А. А.<sup>1,3</sup>,  
Чупраков С. А.<sup>2</sup>, Шиховцев А. Ю.<sup>1,2</sup>, Григорьев В. М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН

<sup>3</sup>Томский государственный университет

*lukin@iao.ru*

Описываются основные результаты по разработке современной системы адаптивной оптики (АО) для крупно-апертурного солнечного телескопа.

В ходе выполнения работ 2016 года на площадке Большого солнечного вакуумного телескопа (БСВТ) были проведены синхронные наблюдения волнового фронта от протяженных источников (Солнца и Луны) и метеорологические наблюдения на площадке БСВТ. В качестве исходной метеорологической информации для расчетов в модели используются двухуровневые данные пульсационных наблюдений температуры и скорости ветра на площадке БСВТ, а также текущие архивные данные Реанализа. Микрометеорологические измерения турбулентных характеристик атмосферы проводились на верхней площадке телескопа с помощью автоматического метеорологического комплекса АМК-03 вблизи зеркала-сидеростата.

Создается оптическая схема для ввода двух-зеркальной системы АО в оптический тракт БСВТ. При этом на двух корректирующих зеркалах должно быть построено изображение входного зрачка системы, причем изображения зрачков должны быть построены параллельными пучками, для управления каждым из зеркал должен быть предусмотрен отдельный датчик волнового фронта (ДВФ), должно быть обеспечена работа спектрального астрономического прибора – фильтрографа.

Была поставлена и решена задача создания нового ДВФ с переменным растром и устройством быстрого введения раstra в датчик. Для увеличения пространственного разрешения при измерениях аббераций волнового фронта разработан новый ДВФ на базе видеокамеры Prosilica GX и набора сменных растров дифракционных микролинз.

Для обеспечения стабилизации положения изображения нами разработан блок, корректирующий дрожание изображения изучаемого участка объекта, вызванное атмосферной турбулентностью и вибрациями конструкций телескопа. Устройство представляет собой следящую систему с замкнутым контуром управления со скоростной видеокамерой и управляемым по углам оптическим дефлектором, предназначенным для стабилизации фрагмента изображения на входной апертуре оптической системы.

Показано на базе сопоставительного эксперимента более высокая эффективность управления на основе применения фильтра Калмана, позволяющий делать прогноз турбулентных искажениях. Это позволит сделать высокоэффективную коррекцию даже при использовании медленных деформируемых зеркал. Алгоритмы, которые применяются при работе на стенде получили свидетельства о государственной регистрации.



# 1-м телескоп Шмидта Бюраканской Астрофизической Обсерватории: первые результаты

Котов С. С.<sup>1</sup>, Додонов С. Н.<sup>1</sup>, Мавсесян Т. А.<sup>2</sup>, Геворгян М. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Бюраканская Астрофизическая Обсерватория

*sss.kotov@mail.ru*

В 2013-2015 годах ЛСФВО САО РАН совместно с армянскими специалистами занималась модернизацией 1-м телескопа Шмидта БАО. 1-м телескоп системы Шмидта (105/132/213) Бюраканской Астрофизической Обсерватории Национальной Академии Наук Армении – один из крупнейших инструментов в мире: он входит в пятёрку крупнейших телескопов системы Шмидта в мире по размеру зеркала и в тройку по размеру объективных призм. В октябре 2015 года мы установили в фокусе телескопа CCD-детектор ( $4k \times 4k$ , с жидкостным охлаждением, RON  $\sim 11.1e^-$ , производитель Arcee, USA) с элементом разрешения 0.868 arcsec, полем зрения около 1 кв. градуса. Детектор оснащен фильтровыми колесами с установленными в них 20 среднеполосными фильтрами (FWHM = 250 Å, равномерно покрывающими спектральный диапазон 4000 – 9000 Å), 5 широкополосными фильтрами (u, g, r, i, z SDSS) и 3 узкополосными фильтрами (5000 Å, 6560 Å и 6760 Å, FWHM = 100 Å).

Нами проведены тестовые наблюдения по четырём программам: поиск молодых звёздных объектов; эволюция AGN; звёздный состав дисков галактик; ионизованный газ в галактических дисках и за пределами оптического радиуса. Результаты наблюдений подтвердили возможности эффективного отбора молодых звёздных объектов с помощью наблюдений в узкополосных фильтрах  $H_\alpha$  и [SII] и среднеполосном 7500 Å на 1-м телескопе Шмидта; трёхчасовые экспозиции в фильтрах SDSS g, r и i позволили достичь поверхностной яркости 28 зв. величины с кв. секунды при изучении звездного состава дисков для выборки галактик; по наблюдениям на 1-м телескопе Шмидта БАО в 5 широкополосных фильтрах (SDSS u, g, r, i и z) и 13 среднеполосных фильтрах (4000 – 7250 Å) создана полная до  $R_{AB} = 23^m$  выборка кандидатов в квазары с  $0.5 < Z < 5.1$  (331 объект) в поле SA68 размером 0.64 кв. градуса.

## Прецизионное построение поверхности больших мозаичных фотоприемников

Митиани Г. Ш., Маркелов С. В., Борисенко А. Н., Ардиланов В. А.

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*mig@sao.ru*

Использование в астрономии ПЗС приемников с большим форматом сопряжено с повышенными требованиями широкоугольной оптики к качеству реальной фокальной плоскости. Впервые с проблемой неплоскостности матриц в САО столкнулись при создании камер с внутренним фокусом для проекта LAMOST. На основе измерений топографии поверхности матриц CCD203  $4k \times 4k$ , была проведена коррекция их положения с целью уменьшения отклонения фоточувствительной поверхности от фокальной плоскости. Ввиду тенденции к увеличению поля зрения телескопов, вопрос неплоскостности стал более чем насущным. Так для инструментов со светосилой F/2 неплоскостность матриц с 15  $\mu\text{m}$  пикселем должна быть не более  $\pm 30 \mu\text{m}$ , а точность ее измерения на порядок выше.

Для создания мозаичных камер с заданным пределом неплоскостности нами разработана методика её определения посредством триангуляционного сенсора, позволяющего выполнять измерения через стекло криостата. В докладе приводится сравнение с другими методами измерения: глубинным микроскопом, лазерным рефлектором, RGO сканером.

Исследован вопрос термостабилизации монтажной плиты, в котором важную роль играет выбор материала. Показаны практические преимущества суперинвара (32НКД) перед инваром (36Н) и технологические особенности их изготовления. Рассматривается вопрос перспективного применения карбида кремния.

На примере камеры с мозаикой  $4 \times 2$  матриц, демонстрируются результаты коррекции неплоскостности с 107  $\mu\text{m}$  до 34  $\mu\text{m}$  с обоснованием точности измерений.

## Проект РадиоАстрон. Шумы системы и калибровка космического радиотелескопа в полете в 2011-2017 годах

Ковалев Ю. А.<sup>1</sup>, Васильков В. И.<sup>1</sup>, Лисаков М. М.<sup>1</sup>, Кутькин А. М.<sup>1</sup>, Скулачев Д. П.<sup>2</sup>, Попов М. В.<sup>1</sup>, Согласнов В. А.<sup>1</sup>, Войцук П. А.<sup>1</sup>, Николаев Н. Я.<sup>1</sup>, Миронова Е. Н.<sup>1</sup>, Виняйкин Е.<sup>3</sup>, Цыбулёв П. Г.<sup>4</sup>, Ницельский Н. А.<sup>4</sup>, Жеканис Г. В.<sup>4</sup>, Стайков Ю. Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>3</sup>Научно-исследовательский радиофизический институт

<sup>4</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*ykovalev@asc.rssi.ru*

Обсуждаются результаты периодического контроля и моделирования поведения эквивалентных собственных шумов системы и мощности калибровочных генераторов шума (ГШ) по данным телеметрии в юстировочных (калибровочных) и в РСДБ сеансах для всех диапазонов. Для резервирования имеется по 4 уровня ГШ в каждом поляризационном канале каждого диапазона. Шумы системы стабильны с погрешностью около 3% за 5.5 лет по измерениям в юстировочных сеансах, но имеют линейный дрейф в РСДБ сеансах (максимум – до 4-5% в год в диапазоне 1.35 см). Противоречие снимается обнаружением линейного дрейфа уровней мощности ГШ (максимум – до 5% в год в диапазоне 1.35 см). ГШ используются для измерения шумов системы в РСДБ сеансах. В юстировочных сеансах при измерении шума системы ГШ не используется, но его мощность, как и шум и другие параметры системы, контролируется по астрономическим калибраторам по потоку. Возможный остаточный дрейф шума системы (до нескольких процентов в год, после вычитания дрейфа ГШ из дрейфа шума системы в РСДБ сеансах) не существенен при калибровке результатов научных РСДБ сеансов и не требует дальнейших коррекций. Он может определяться систематическими особенностями ориентации космического аппарата относительно Солнца, возникающими при реализации программы научных наблюдений. Моделирование показало, что наблюдаемые вариации шума космического радиотелескопа в полете с периодом около 10 суток могут объясняться, в основном, измеренными штатными вариациями значений физической температуры на элементах антенно-фидерного тракта с поляризатором – в пределах изменений, допускаемых системой терморегулирования в процессе орбитального полета.

## Создание системы реального времени для проведения оперативного поиска и последующего изучения астрофизических объектов в оптическом и высокоэнергичном гамма диапазонах

Дзапарова И. М.<sup>1,2</sup>, Саванов И. С.<sup>2</sup>, Петков В. Б.<sup>1,2</sup>, Сергеев А. В.<sup>2,1</sup>, Джампиев Д. Д.<sup>1</sup>, Куреня А. Н.<sup>1</sup>, Пузын В. Б.<sup>2</sup>, Климай П. А.<sup>1</sup>, Нароенков С. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт ядерных исследований РАН

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

*dzaparova@yandex.ru*

Разрабатываемая система реального времени предназначена для проведения оперативного поиска и последующего изучения астрофизических объектов, порождающих всплески космического излучения высокой и сверхвысокой энергии совместно с оптическими вспышками. Поиск всплесков интенсивности космических лучей и космического гамма-излучения проводится на комплексе установок Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН (БНО), который включает в себя Баксанский подземный сцинтилляционный телескоп (БПСТ) и ливневые установки «Андырчи» и «Ковер-2». Установки БНО работают в режиме непрерывного набора информации, регистрируют космические лучи из верхней полусферы (режим all sky all time) и позволяют проводить поиск всплесков космического гамма-излучения в широком диапазоне энергий первичных гамма-квантов: от 1 ТэВ (по данным БПСТ) до 80 ТэВ (по данным установок «Андырчи» и «Ковер-2»).

Поиск и последующее изучение оптических вспышек, сопутствующих обнаруженным установками БНО событиям, проводится оптическими телескопами обсерватории на пике Терскол Института астрономии РАН по целеуказаниям от установок БНО. Для проведения поиска транзиентных явлений в оптическом диапазоне по внешним целеуказаниям (от установок БНО, сети GCN и т.д.) разработана и создана универсальная программа управления комплексом астрономических телескопов. Программа управления комплексом астрономических телескопов разработана с использованием стандарта ASCOM (ASTronomy Common Object Model), что позволяет управлять любым устройством, поддерживающим этот стандарт обмена командами управления.

## Обработка данных в проекте «РадиоАстрон»: Коррелятор АКЦ и программный пакет Astro Space Locator

Андреанов А. С.<sup>1</sup>, Лихачев С. Ф.<sup>1</sup>, Гурин И. А.<sup>1</sup>, Костенко В. И.<sup>1</sup>, Ладыгин В. А.<sup>1</sup>,  
Жаров В. Е.<sup>2</sup>, Рудницкий А. Г.<sup>1</sup>, Литовченко И. Д.<sup>1</sup>, Зуга В. А.<sup>1</sup>, Щуров М. А.<sup>1</sup>,  
Авдеев В. Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

*andrian@asc.rssi.ru*

С ноября 2011 г. по настоящее время на космическом интерферометре «РадиоАстрон» проводятся регулярные сеансы наблюдений астрономических объектов различных классов. Первым, наиболее ресурсоемким этапом обработки данных РСДБ наблюдений является корреляционная обработка. Около 95% всех данных наблюдений проекта «РадиоАстрон» обрабатывается на корреляторе АКЦ. Коррелятор АКЦ представляет собою программный FX коррелятор, работающий на высокопроизводительном вычислительном кластере. В докладе представлены основные характеристики коррелятора АКЦ, обсуждается отличие процесса обработки данных наземно-космического РСДБ от обработки данных наземных РСДБ сетей, а также в докладе приводятся основные результаты работы коррелятора АКЦ за шесть лет работы наземно-космического интерферометра. Также в докладе рассматриваются возможности разработанного в АКЦ ФИАН программного пакета Astro Space Locator, предназначенного для анализа РСДБ данных и приводятся примеры, иллюстрирующие его работу.

## Крымская станция в сети РСДБ

*Вольвач А. Е.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

*volvach@bk.ru*

В настоящее время технология радио интерферометрии со сверхдлинными базами широко используется в международных и национальных проектах для решения очень многих фундаментальных и прикладных задач и, в первую очередь, для решения задач эфемеридного и координатно-временного обеспечения. Базовой системой фундаментального координатно-временного обеспечения России является единственный постоянно действующий радио интерферометрический комплекс КВАЗАР-КВО.

22-м радиотелескоп РТ-22 Крымской астрофизической обсерватории участвовал в самых первых межконтинентальных РСДБ наблюдениях в сентябре 1969 года. В 1994 году РТ-22 был модернизирован в рамках сотрудничества между Украиной (КрАО и ГАО НАНУ), США (NASA/GSFC) и Россией (ИКИ РАН и ИПА РАН) с целью создания постоянно действующей геодинимической РСДБ станции и продолжения астрофизических исследований структуры и динамики внегалактических объектов с более высокой чувствительностью. Получены первые научные результаты – абсолютная и относительно Евразийской тектонической плиты скорости горизонтальных и вертикальных движений РСДБ станции «Симеиз»-(Volvach et al. 2015).

С целью развития новых радиоастрономических исследований в области геодинимики и астрофизики с помощью метода радио интерферометрии со сверхдлинными базами на базе РТ-22 НИИ «КрАО» и радиоастрономических обсерваторий сети «Квазар – КВО» Института прикладной астрономии РАН создан новый научный инструмент – РСДБ сеть «Квазар-Симеиз»; начаты и продолжаются в настоящее время исследования в см и мм диапазонах длин волн.

В дополнение к приливным моментам, оказываемым Луной, Солнцем и планетами, изменения параметров ориентации Земли могут быть вызваны также возбуждениями атмосферой, гидросферой и океанами (Vondrak&Ron 2015).

Транспортировка масс в глобальных геофизических жидких оболочках Земли (атмосфера, океаны, гидрология, приливы, мантия, ядро) влияет на изменения параметров вращения Земли, вызывает изменения гравитационного поля и смещения геоцентра. В настоящее время благодаря высокоточным РСДБ-наблюдениям появилась возможность отслеживать и учитывать эти изменения.

Радиотелескоп РТ-22 в Качивели (Крым) активно участвует в Международных проектах по поддержке пространственно-временных справочных систем для мониторинга глобальных изменений и для точной навигации в космосе. Один из таких проектов разработан в отделе исследований Германии (DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft) (Geophysical fluids data, 2015).

Целью этого проекта является предоставление квази-инерциальной системы отсчета реализованной согласованным положением квазара и земной системы отсчета на основе общего набора параметров и, в частности, на 3-х однородных геофизических моделях: «Океан», «Атмосфера», «Гидрология».

Для анализа вертикальных деформаций земли в пункте Качивели (Крым), нами использованы данные о поправках к вертикальным деформациям земли, вычисленные по модели «Атмосфера». Основным результатом анализа является выделение и аналитическое описание периодического тренда. При этом, амплитуда обнаруженной годовой волны составляет  $3.3 \pm 0.5$  мм (Volvach et al. 2015).

## ПЗС-контроллер нового поколения для 6-метрового телескопа

Ардиланов В. И.<sup>1</sup>, Мурзин В. А.<sup>1</sup>, Маркелов С. В.<sup>1</sup>, Афанасьева И. В.<sup>1,2</sup>, Иващенко Н. Г.<sup>1</sup>,  
Митиани Г. Ш.<sup>1</sup>, Притыченко М. А.<sup>1</sup>, Борисенко А. Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

В САО РАН разработан и реализован ПЗС-контроллер нового поколения DINACON-5, предназначенный для работы с широким классом твердотельных матричных фотоприемников, включая ПЗС-матрицы, мультиплексируемые ИК-детекторы, КМОП-матрицы, а также мозаики на основе этих приборов. Основными отличиями от контроллера предыдущего поколения являются многократное увеличение возможного числа обслуживаемых видеовыходов фотоприемника (с 16 до 256 выходов) и возросшая на порядок суммарная скорость считывания пикселей (с 50 до 500 Мпиксель/с). Контроллер строится на основе небольших модулей стандарта Eurocard, которые могут размещаться либо непосредственно на камере, либо в отдельной корзине. Контроллер может управлять как высокоскоростными, так и медленными матрицами, так как скорость считывания может варьироваться в широких пределах – от 0.01 до 40 Мпиксель/с/канал. За счет цифровой оптимальной фильтрации и коррекции сигнала обеспечивается высокое качество видеоканала, а именно: собственный шум канала не более 1 электрон при скорости 0.1 Мпиксель/с, долговременная нестабильность встроенного нуля не более 1 электрон, нестабильность коэффициента усиления не более 0.05%, нелинейность преобразования «свет-цифровые отсчеты» не более 0.03%. Такие характеристики позволяют применять контроллер в предельных по точности астрофизических методах наблюдений. Увеличенное количество видеовыходов позволяет строить фотоприемные мозаики гигапиксельного класса. ПО контроллера обеспечивает кросс-платформенное применение и гибкую настройку под нужды наблюдателей.

## Новый неохлаждаемый радиометрический модуль диапазона 4.7 ГГц для наблюдений в континууме

Цыбулев П. Г.<sup>1</sup>, Нижельский Н. А.<sup>1</sup>, Дугин М. В.<sup>2</sup>, Борисов А. Н.<sup>1</sup>, Кратов Д. В.<sup>1</sup>,  
Удовицкий Р. Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>ЗАО НПФ «Микран»

*peter@sao.ru*

В докладе представлен новый радиометрический модуль диапазона 4.7 ГГц с шириной полосы 600 МГц, разработанный НПФ «Микран» для РАТАН-600. Модуль представляет собой СВЧ часть приемника прямого усиления с общим усилением 72 дБ и полосно-пропускающим фильтром на выходе. Конструктивно модуль выполнен из 4-х submodule (МШУ, 2 усилительных submodule и ФНЧ), соединенных между собой тремя жесткими коаксиальными кабельными сборками. Вход модуля волноводный, выход – коаксиальный (SMA). Коэффициент шума радиомодуля составляет 0.35 – 0.45 дБ (разброс для отдельных экземпляров).

На основе 2 радиометрических submodule построены 2 радиометра полной мощности, установленные на 2-х приемных комплексах РАТАН-600 (облучатели 1 и 2) и введенные в штатную эксплуатацию. Отмечается низкая температура системы, составляющая на северном секторе радиотелескопа 40–45 К в зависимости от высоты наблюдения. Представлены характеристики радиометрических submodule, результаты лабораторных измерений и наблюдений на РАТАН-600. Также представлено аппаратное обеспечение для нового перспективного проекта по поиску быстрых радио-всплесков (FRB, Fast Radio Bursts) с применением данной разработки.

## Исследование инструментальной поляризации, вносимой главным зеркалом БТА

Кукушкин Д. Е.<sup>1,2</sup>, Сазоненко Д. А.<sup>1,2</sup>, Бахолдин А. В.<sup>1</sup>, Валявин Г. Г.<sup>2</sup>, Емельянов Э. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*intenso.dk@gmail.com*

Для 6-метрового телескопа БТА разрабатывается спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом, в составе спектрографа также предполагается разместить поляриметрический модуль, который позволит производить наблюдение и анализ эффекта Зеемана, связанного с поляризацией спектральных линий космических объектов. Современный уровень астрономических исследований эффекта Зеемана установил планку точности измерения поляризации спектральных линий на уровне шестого знака после запятой. Для достижения такой точности необходимо учитывать инструментальную поляризацию телескопа и поляриметрического модуля спектрографа. Согласно проведённому сотрудниками САО контролю качества отражающей поверхности главного зеркала БТА, выяснилось, что поверхность зеркала обладает неровностями и неравномерной отражающей способностью. Все эти особенности оказывают достаточное влияние на точность измерения поляризации, что негативно сказывается на результатах измерений.

В данной работе приведена оценка инструментальной поляризации, вносимой главным зеркалом БТА и составлена подробная карта влияния формы поверхности и особенностей покрытия зеркала на состояние поляризации, падающего на него света. Инструментальная поляризация, вносимая главным зеркалом БТА, оценивается с помощью математической модели, описывающей взаимодействие поверхности зеркала со световой волной. В качестве такой модели используется метод матриц Мюллера, падающий свет, при этом, описывается в форме вектора Стокса. Получены коэффициенты деполяризации главного зеркала в рабочем диапазоне длин волн. Произведена оценка потери интенсивности падающего излучения, возникающая в связи с инструментальными эффектами главного зеркала БТА.

# ПОСТЕРЫ

## Программа «Multi-Column Viewer» (MCV)

*Бакланов А. В.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*baklanov@crao.crimea.ru*

Представлена обновлённая версия программы MCV. Программа предназначена для исследования переменных звёзд разных типов. В новой версии программы реализован метод дифференциальных поправок, позволяющий уточнять периоды и точность их определения. Программа может быть использована как самостоятельно, так и в дополнение к электронным таблицам Excel/Calc/Gnumeric и др. MCV может использоваться в минимальном режиме просмотрщика (viewer) файлов данных. Графики всех каналов прорисовываются автоматически с одинаковым масштабом, в режиме «разные каналы» или «все каналы на одном графике», масштабируются и пролистываются. Второе применение – чистка сигналов от выбросов измерений, возможность удаления отдельных точек, каналов и всех каналов в отдельные моменты (и интервалы) времени. Графики могут быть выведены в растровом виде. В меню анализа временных рядов входит уникальная аппроксимация алгебраическо-тригонометрическим полиномом (мультипериодическая мультигармоническая модель с полиномиальным трендом) с возможностью вывода не только значений коэффициентов, но и их погрешностей. Также уникальным является периодограммный анализ с использованием мультигармонической аппроксимации с полиномиальным трендом. Для сглаживания по интервалам используется не локальная константа, а лучшее из константы или прямой. Специфическими для астрономических сигналов является блок ПЗС-фотометрии с «искусственной» средневзвешенной звездой сравнения с итеративно определяемыми весами звёзд сравнения, а также «полезные мелочи» – определение барицентрической поправки и её отмена, предсказание моментов «характерных событий» (напр. максимумов, минимумов блеска периодических звёзд), быстрое построение фазовой кривой, перевод «звёздная величина – интенсивность» и т.д.

## Исследования астроклимата миллиметрового диапазона в республике Крым

*Бубнов Г. М.*

Институт прикладной физики РАН

В данной работе представлены результаты исследований про-зрачности атмосферы в миллиметровом диапазоне длин волн в различных точках Южного побережья Крыма, проведённые летом 2017 года. Основной задачей исследований, помимо получения реальных значений прозрачности атмосферы на различных высотах, было выявление локальных особенностей климата, которые могли бы обеспечить лучшую прозрачность для этой климатической зоны. Основным инструментом определения прозрачности был портативный двухканальный радиометр мм диапазона, определяющий прозрачность атмосферы в Зените (Неперы) по методу «атмосферных разрезов» в 2-х мм и 3-х мм окнах прозрачности атмосферы. [1] Иногда для питания оборудования использовался портативный бензогенератор.

Логистика экспедиции была выстроена таким образом, чтобы первые измерения провести на РТ-22 в п. Кацивелли и «привязать» данные нашего оборудования к регулярным наблюдениям прозрачности на телескопе. Далее были исследованы несколько высотных площадок, в том числе г. Ай-Петри с целью выявления численной разницы по поглощению в результате изменения высоты точки наблюдений. Затем, прибор был смонтирован на базе НИРФИ на Кара-Даге, где продолжает наблюдения до сентября 2017г с целью набора статистики и выявления сезонных и суточных вариаций.

## Роботизированные телескопы САО РАН

*Винокуров А. С.<sup>1</sup>, Фабрика С. Н.<sup>1,2</sup>, Валеев А. Ф.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>САО РАН

<sup>2</sup>Казанский федеральный университет

*vinche2006@mail.ru*

Мы представляем новую обсерваторию, состоящую из шести 0.5-метровых телескопов, находящихся в непосредственной близости от БТА. Нашей главной целью является быстрое отождествление GRB (гамма-всплески) и FRB (быстрые радио-транзиенты) для получения фотометрических и поляриметрических данных, а также спектров на БТА. Второй задачей является поиск экзопланет и сверхновых, исследование переменных звезд, квазаров. Обсерватория находится в процессе строительства, первый телескоп планируется ввести в строй в декабре 2017 года.

## Об особенностях применения оптических усилителей в радиофотонных трактах

*Волков И. В., Хатырев Н. П.*

Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений

*i.volkov@vniiofi.ru*

В радиоастрономии сигналы с СВЧ антенн передаются к радиометрам по коаксиальным кабелям (КК). Если их длина  $> 100$  метров, то с ростом частоты наблюдается и рост затухания. Оно может превышать 30 дБ. Соотношение сигнал/шум (СШ) тоже меняется с частотой. У оптического волокна (ОВ) полоса пропускания намного шире и зависимость СШ для различных частот спектра СВЧ-сигнала пренебрежимо мала. Передача СВЧ сигнала по ОВ с успехом заменяет использование КК [Царук и др. 2013, Juan Mena, Звегинцев и др. 2015]. Технология имеет ряд преимуществ по сравнению с КК: сверхмалое затухание, устойчивость к электромагнитным помехам, широкополосность, низкие фазовые шумы, малые массу и габариты. Передача по ОВ перспективна для транспортировки эталонных сигналов синхронизации радиоастрономической аппаратуры [Царук и др. 2013], в радиоинтерферометрии [Juan Mena], распределении СВЧ сигналов в ФАР [Звегинцев и др. 2015].

Коэффициенты передачи и шума, минимальный уровень входной мощности, линейный динамический диапазон у аналоговых волоконных линий (АВЛ) передачи СВЧ сигнала отличаются от образца к образцу. При приёме сигнала для АВЛ в радиоастрономии наиболее важно СШ на выходе. Для уменьшения деградации СШ возможно использование усилителей оптического сигнала. Например, эрбиевых волоконно-оптических усилителей. Они подключаются к выходу электрооптического модулятора – первичного преобразователя из СВЧ-сигнала в оптический сигнал с пропорциональной интенсивностью. В работе [Волков и др. 2017] исследованы зависимости СШ на выходе АВЛ от уровня мощности входного сигнала при длине АВЛ 100 м с использованием усилителя EDFA (с усилением 30 дБ). Параметры АВЛ [Волков и др. 2017] позволяют использовать её взамен одноканальных участков КК с общей величиной потерь  $> 24$  дБ.



## Геодинамический мониторинг полуострова Крым с использованием GNSS-, VLBI-, SLR-технологий

Вольвач А. Е.<sup>1,2,3</sup>, Курбасова Г. С.<sup>1</sup>, Дмитроца А. И.<sup>1</sup>, Неяченко Д. И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

*volvach@bk.ru*

Крымский полуостров состоит из Горного Крыма на юге (150 км от г. Севастополя до г. Феодосия) и равнины в северной части полуострова. Горный район Крыма является зоной опасных геодинамических процессов (землетрясений, оползней, обвалов, интенсивных карстовых процессов и др.).

Геодинамический полигон «Симеиз-Кацивели» включает три взаимодополняющих технологии наблюдений – РСДБ, лазерную локацию ИСЗ, навигационную систему Глонасс/GPS.

Цель программы геодинамического мониторинга полуострова Крым – развертывание многофункциональной региональной системы геодинамического и экологического мониторинга Крыма, использующей GPS/GNSS-, VLBI-, SLR-технологии определения перемещений и деформаций земной коры.

Составные части:

1. Создание системы координатно-временного обеспечения территории Крымского полуострова и осуществление геокинематического мониторинга.
2. Геологическое и геофизическое обоснование геокинематической модели.
3. Уточнение текущих региональных моделей ионосферы и тропосферы по данным GPS/GNSS и других специальных измерений.
4. Использование возможностей перманентной GPS/GNSS-сети системы для поддержки всех приложений высокоточной геодезической съемки, дифференциальной навигации и других прикладных задач.

Задачи системы:

1. Обеспечение фундаментальной координатно-временной основы в Крыму с использованием перманентных наблюдений VLBI- SLR- GPS/GNSS.
2. Обеспечение непрерывного круглосуточного контроля изменений координат сети GPS/GNSS-станций, включая референтные станции и роверные приемники, на уровне точности «первые миллиметры – первые сантиметры».
3. Обеспечение мониторинга как медленных и масштабных тектонических процессов, так и контроля «быстрых» деформаций в локальных сейсмо- и оползнеопасных зонах Крыма.

# Космический детектор ТУС. Возможность исследования Вселенной методами адрон-ядерной астрономии

Вольвач А. Е.<sup>1</sup>, Дмитроца А. И.<sup>1</sup>, Неяченко Д. И.<sup>1</sup>, Ткачев Л. Г.<sup>2</sup>, *on behalf the Lomonosov-UHECR/TLE collaboration*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Объединенный институт ядерных исследований

<sup>3</sup>the Lomonosov-UHECR/TLE collaboration<sup>†</sup>

*volvach@bk.ru*

В апреле 2016 года с космодрома «Восточный» произведен запуск спутника «Ломоносов» с детектором ТУС. Это первый детектор, находящийся вне земной атмосферы, для исследования космических лучей сверхвысоких энергий (КЛПВЭ) с помощью регистрации флуоресцентного света, излучаемого возбужденными атомами воздуха при развитии широкого атмосферного ливня (ШАЛ), инициированного первичной космической частицей. Эксперимент ТУС направлен на решение проблемы существования космических лучей (КЛ) с энергиями порядка 10<sup>20</sup> эВ и выше, в том числе измерение их энергии, массового состава и анизотропии. Природа этих лучей, их происхождение, состав и энергетический спектр – это основные вопросы физики КЛПВЭ, которые непосредственно связаны с фундаментальными проблемами происхождения Вселенной, эволюции звезд, существования активных галактических ядер и топологических дефектов, прохождения частиц в межгалактическом пространстве и другими фундаментальными вопросами современной физики. КЛПВЭ открывают возможность исследования Вселенной методами адрон-ядерной астрономии. Одно из важных преимуществ орбитального детектора состоит в том, что одной и той же аппаратурой будут получены данные со всех точек небесной сферы, что позволит прояснить существующие противоречия между результатами, полученными на детекторе Auger в южном полушарии и детектором TA – в северном. Будут представлены технические характеристики детектора ТУС и первые результаты, полученные в течение года работы на орбите.

<sup>†</sup>The Lomonosov-UHECR/TLE collaboration

*S. V. Biktmerova<sup>b</sup>, A. A. Botvinko<sup>c</sup>, A. I. Dmitrotsa<sup>g</sup>, V. E. Ereemeev<sup>a</sup>, G. K. Garipov<sup>a</sup>, V. M. Grebenyuk<sup>b,d</sup>, A. A. Grinyuk<sup>b</sup>, S. Jeong<sup>e</sup>, N. N. Kalmykov<sup>a</sup>, M. A. Kaznacheeva<sup>a</sup>, B. A. Khrenov<sup>a</sup>, M. Kim<sup>e</sup>, P. A. Klimov<sup>a</sup>, M. V. Lavrova<sup>b</sup>, J. Lee<sup>f</sup>, O. Martinez<sup>f</sup>, M. I. Panasyuk<sup>a</sup>, I. H. Park<sup>e</sup>, V. L. Petrov<sup>a</sup>, E. Ponce<sup>f</sup>, A. E. Puchkov<sup>c</sup>, H. Salazar<sup>f</sup>, O. A. Saprykin<sup>c</sup>, A. N. Senkovsky<sup>c</sup>, S. A. Sharakin<sup>a</sup>, A. V. Shirokov<sup>a</sup>, A. V. Tkachenko<sup>b</sup>, L. G. Tkachev<sup>b,d</sup>, A. E. Volvach<sup>g</sup>, I. V. Yashin<sup>a</sup>, M. Yu. Zotov<sup>a</sup>*

<sup>a</sup>M.V. Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia

<sup>b</sup>Joint Institute for Nuclear Research, Joliot-Curie, 6, Dubna, Moscow region, Russia, 141980

<sup>c</sup>Space Regatta Consortium, ul. Lenina, 4a, 141070 Korolev, Moscow region, Russia

<sup>d</sup>Dubna State University, University str., 19, Bld.1, Dubna, Moscow region, Russia

<sup>e</sup>Department of Physics and ISTS, Sungkyunkwan University, Seobu-ro 2066, Suwon, 440-746 Korea

<sup>f</sup>Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, 4 sur 104 Centro Historico C.P.72000, Puebla, Mexico

<sup>g</sup>Crimea Astrophysical Observatory RAS, Simeiz, Russia

## Извлечение и классификация спектров из цифрового архива фотопластинок

Горбунов М. А., Рублевский А. Н., Шляпников А. А.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*mag@crao.crimea.ru*

В архиве стеклянной библиотеки «Крымской астрофизической обсерватории РАН» сохранено более 15000 фотографических спектральных наблюдений различных астрономических объектов, выполненных с 1929 по конец 80-х годов XX века на инструментах обсерватории. Около 1000 негативов были получены на астрографах с объективной призмой. Для этого применялись три камеры с объективами «Унар» ( $D/F = 117/600$  мм), «Догмар» (167/750) и 16" (400/1600). В данной работе представлена процедура извлечения спектров из оцифрованных негативов с широкоугольными наблюдениями с помощью интерактивного атласа неба Aladin. Рассмотрены особенности астрометрической калибровки негативов, искажения, вносимые в изображения спектров абберациями объективов, и возможности их учёта. Для проведения классификации спектров написан специальный HTML код, позволяющий производить визуальное сравнение информации, извлечённой из негатива и используемой в качестве эталона. Для спектров с редуцированной шкалой длин волн и нормированным на спектральную чувствительность описана процедура автоматической классификации.

Изображения спектров, извлечённых из оцифрованных наблюдений, заносятся в специально созданную базу данных, содержащих следующую информацию: номер негатива; координаты его центра ( $\alpha$ ,  $\delta$ ); дата наблюдений; начало экспозиции; её длительность; эмульсия фотопластинки; наблюдатель; координаты центра изображения спектра ( $X$ ,  $Y$ ,  $\alpha$ ,  $\delta$ ); определённый масштаб ( $\text{\AA}/\text{pix}$ ); путь к изображению спектра в jpg и fits форматах; путь к dat файлу с данными о распределении интенсивности в спектре от длины волны; определённый спектральный класс объекта; известный спектральный класс объекта с гиперссылкой к данной информации. Дополняемая база данных широкоугольных спектральных наблюдений доступна on-line с помощью атласа неба Aladin.

## Разработка web-сервиса автоматической классификации импульсных явлений с применением алгоритмов машинного обучения

Горбунов А. А.<sup>1</sup>, Исаев Е. А.<sup>1,2</sup>, Самодуров В. А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

<sup>2</sup>Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*samod@mail.ru*

В процессе астрономических наблюдений собираются огромные объёмы данных. БСА (Большая Сканирующая Антенна) ФИАН, используемая при исследовании импульсных явлений, ежедневно регистрирует 87.5 Гбайт данных (32 Тб в год). Экспертами классифицированы 83096 индивидуальных наблюдений радиотранзиентов (на отрезке исследования июль 2012 - октябрь 2013). Свыше 73% выборки надёжно отождествлены и соответствуют пульсарам, быстрым радиотранзиентам, мерцающим источникам, пролетам спутников Земли через луч диаграммы БСА. Остальные классы объектов относятся к помехам, аппаратным сбоям, импульсам в боковых лепестках от мощных источников (обычно – Солнце), пролетам самолетов. Некоторая часть импульсов не отождествлена (часть из них может быть связана с отражением от пролетов метеоров). Всего выделено 15 классов объектов наблюдений.

Наличие подобной выборки, разделенной на классы позволяет воспользоваться алгоритмами машинного обучения, с помощью которых станет возможным разработка автоматизированного сервиса для краткосрочного/долгосрочного мониторинга различных классов радиоисточников (в том числе радиотранзиентов различной природы), мониторинга ионосферы Земли, межпланетной и межзвездной плазмы, поиска и мониторинга различных классов радиоисточников. Под мониторингом в данном случае понимается автоматическая фильтрация и распознавание ранее неклассифицированных импульсных явлений.

На текущий момент для автоматической фильтрации используются методы статистического анализа. В данном докладе рассматривается альтернативный метод с использованием алгоритма машинного обучения – нейронной сети, которая обрабатывает поданные на вход первичные данные, и после обработки скрытым слоем, посредством выходного слоя определяет класс импульсного явления.

Создание модели нейронной сети, обученной на выборке и выполняющей классификацию ранее неклассифицированных импульсных явлений производится с помощью облачного сервиса Microsoft Azure Machine Learning Studio. Web-сервис, созданный на основании модели позволяет классифицировать как одиночные импульсные явления в режиме реального времени (Запрос-Ответ), так и выборку данных за определенный период (Пакетная обработка).

## Создание и использование третьей гармоники лазерного генератора на 355 нм для участия в эксперименте TUS

*Дмитроца А. И., Артёмов И. В., Неяченко Д. И.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*dmytrotsa@gmail.com*

Космический эксперимент TUS направлен на изучение энергетического спектра и направления прилета космических лучей сверхвысокой энергии при  $E \sim 1020$  эВ путем измерения флуоресценции в атмосфере. Спутник «Ломоносов» с TUS был запущен на 16 апреля 2016 года. В настоящее время он находится на орбите и полностью функционирует. Для эксперимента TUS планируется разработать и создать наземную систему источников света в УФ для калибровки в полете TUS-детектора. Для этой цели в настоящее время рассматриваются два типа возможных источников УФ-излучения: светодиоды и лазерные станции.

Представлены конструкция и изготовление прототипов источника калибровочного источника на основе лазерной станции «Simeiz-1873». На первом этапе преобразования передатчика необходимо внести изменения в оптическую схему лазерного излучателя: 1) Чтобы обеспечить необходимый УФ-диапазон, требуется ввести генератор третьей гармоники в схему излучателя. 2) Оптика телескопа дальномера должна быть адаптирована к УФ диапазону.

Как показали первые результаты, требуются уделять особое внимание методом ведения спутника и моментам калибровки. Так как из-за особенностей орбиты и узкого поля зрения прибора TUS, возможное время его калибровки ограничено буквально десятками секунд.

## Индекс каталог публикаций «Известий Крымской астрофизической обсерватории»

*Логачёв К. В., Шляпников А. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*kir@crao.crimea.ru*

Индекс каталог (далее – Каталог) является основным элементом базы данных публикаций Крымской астрономической виртуальной обсерватории. В него входит информация об объектах, наблюдавшихся сотрудниками в Крымской астрофизической обсерватории или других организациях, данные для которых были опубликованы в первых 100 томах «Известий Крымской астрофизической обсерватории» (далее – «Известия»). Последующие тома формировались в машиночитаемых форматах, что упрощает контекстный поиск информации в них.

Необходимость создания такого Каталога обусловлена не полным представлением в мировых астрономических базах данных сведений о публикациях в «Известиях», и ещё меньшим указанием конкретных объектов, описанных в статьях. Для создания Каталога был составлен независимый список всех публикаций по первым 100 томам «Известий». В наш список были добавлены стандартные библиографические коды публикаций согласно классификатору SAO/NASA Astrophysical Data System (далее – ADS). На основе этой информации был произведен анализ представления в ADS статей «Известий» и ссылок на объекты в базе данных SIMBAD.

В первом приближении Каталога информация об описываемых объектах бралась из названия статей, во втором – из их содержания. Отдельными списками для включения в Каталог представлялись объекты, описанные в статьях, посвященных каталогизации, где речь шла о наблюдениях сотен и тысяч объектов.

Структура Каталога включает: координаты объектов, их обозначение в статье и базовое в SIMBAD, время наблюдений и инструмент, краткое описание (ключевые слова) представленных данных и библиографический код ADS. Отдельный список содержит ссылки на наблюдения планет и малых тел.

Каталог подготовлен в форматах, поддерживаемых приложениями виртуальной обсерватории, и обеспечен гиперссылками к базам данных ADS, MPC, NED и SIMBAD.

## Использование методов машинного обучения для поиска переменных звезд

Пащенко И. Н.<sup>1</sup>, Соколовский К. В.<sup>2,1,3</sup>, Гаврас П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>IAASARS, National Observatory of Athens, Greece

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*in4pashchenko@gmail.com*

Обнаружение фотометрической переменности часто рассматривается как задача проверки гипотезы: объект переменный, если нулевую гипотезу о его постоянной яркости можно отбросить при заданном уровне значимости. Для статистической проверки гипотезы о постоянстве блеска необходимо знать точность измерений. Неисправленные систематические ошибки, величину которых бывает сложно оценить, ограничивают практическую применимость этого подхода. В поисках нового метода обнаружения переменности, который применим к широкому диапазону возможных типов переменности и в то же время невосприимчив к отдельным бракованным наблюдениям и недооцененным ошибкам измерений, мы предлагаем рассматривать поиск переменности как задачу классификации, которая может быть решена методами машинного обучения. Мы сравнили несколько алгоритмов классификации: логистическую регрессию (LR), метод опорных векторов (SVM),  $k$ -ближайших соседей (kNN), искусственные нейронные сети (NN), случайные леса деревьев решений (RF) и стохастический градиентный бустинг (SGB) – в применении к 18 признакам (индексам переменности), характеризующим разброс и/или корреляцию между точками кривой блеска. Мы используем подвыборку фотометрии OGLE-II Большого Магелланова Облака (30265 кривых блеска), которая была исследована на предмет переменности традиционными методами (найдено 188 переменных звезд) как обучающую выборку и применяем обученную NN к новой тестовой выборке из 31798 не классифицированных кривых блеска OGLE-II. Среди 205 объектов, классифицированных NN как переменные, по результатам визуальной проверки кривых блеска 178 объектов оказались реальными переменными, среди них 13 ранее неизвестных низко-амплитудных переменных звезд. Опробованные методы машинного обучения более эффективны (они обнаруживают больше реальных переменных и меньше ложных кандидатов) по сравнению с традиционными методами поиска переменности в кривых блеска, которые рассматривают либо индивидуальные индексы переменности, либо их линейные комбинации.

## Редуктор светосилы с перестраиваемым фильтром для малых и средних телескопов

Перепелцын А. Е., Мусеев А. В.

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*09spec@gmail.com*

До настоящего времени в САО РАН возможность наблюдения со сканирующим интерферометром Фабри-Перо (ИФП) была реализована только в приборах SCORPIO и SCORPIO-2 на 6-м телескопе БТА. Новый редуктор светосилы с перестраиваемым фильтром на основе сканирующего ИФП разрабатывается для телескопов малой и средней апертуры: 2.5-м телескопа ГАИШ МГУ (фокус Несмита, светосила F/8) и 1-м «Цейсс-1000» САО РАН (касегреновский фокус F/13). Сканирующий ИФП здесь располагается непосредственно в сходящемся пучке, в отличие от классической схемы установки в коллимированном пучке вблизи выходного зрачка системы. Преимущества выбранной схемы – большой диаметр монохроматического пятна (Jacquinot spot), что важно при наблюдениях протяжённых объектов в фиксированном спектральном интервале. Поле зрения системы на 2.5-м телескопе – около 7 угловых минут. Прибор предназначен для наблюдения слабых протяжённых объектов (внешние области галактики и т.д.) в выбранных эмиссионных линиях, в спектральном диапазоне 460 – 950 нм с шириной полосы пропускания около 1 нм.

## Спектры стандартных источников на эпоху 2017.4

*Рахимов И. А., Ипатов А. В., Андреева Т. С., Гренков С. А., Иванов В. П.*

Институт прикладной астрономии РАН

*iaaras@iaaras.ru*

В течение интервала времени 2013.5 – 2017.4 многократно измерены спектры источников – вторичных стандартов шкалы потоков «искусственная луна»: 3C48, 3C123, 3C138, 3C147, 3C161, 3C196, 3C218, 3C274, 3C286, 3C295, 3C348, 3C353, DR21, NGC7027. Измерения выполнены на радиотелескопе РТФ-32 обсерватории «Светлое» ИША РАН относительно первичного стандарта шкалы потоков «искусственной луны» 3C295 на частотах (1550, 2370, 4840, 8450) МГц. Показано (Иванов и др. 1986, 2006), что только эта шкала потоков, основанная на абсолютных измерениях по методу «искусственной луны» и независимом определении формы спектров по относительным измерениям, адекватно представляет спектры объектов. Получены данные о спектрах и их изменениях в течение временного интервала 2013.5 – 2017.4. Повторные измерения спектров стандартных источников выполняются на радиотелескопе РТФ-32 обсерватории «Светлое», начиная с 2002 г., что необходимо для сохранения точности шкалы потоков в условиях переменности стандартных источников.

## Географические и климатические особенности Центральнокамчатской низменности. История и перспектива наблюдательной астрономии на полуострове Камчатка

*Рыбак А. Л.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*solarfish@alexeyrybak.ru*

В середине 2007 года на Камчатку была организована совместная экспедиция ГАО РАН и УАФО ДВО РАН, целью которой было проведение пробных наблюдений геостационарной орбиты на территории ИКИР РАН в Паратунке при помощи телескопа MEADE LXD75. Тестовые наблюдения оказались успешными, однако запустить регулярный обзор неба не удалось ввиду сложных климатических условий в окрестностях Тихоокеанского побережья Камчатского полуострова.

Полгода спустя наблюдения на Камчатке были возобновлены. Наблюдательная площадка была выбрана в 20 км от села Мильково, которое расположено в центре полуострова. Центральнокамчатская низменность обрамлена Срединным хребтом и Восточным хребтом, защищающих её от ветров и влажных воздушных масс. Ввиду этого климат на территории низменности похож на сухой резко континентальный климат внутренних районов Восточной Сибири. Средняя температура января достигает  $-20^{\circ}\text{C}$ , а летом средняя температура нередко превышает  $+20^{\circ}\text{C}$ . Количество осадков невелико: не более 400 мм в год.

Основной проблемой, которая препятствовала успешным наблюдениям зимой 2008 года, являлась непрочная монтировка телескопа MEADE LXD75. Пластмассовые детали монтировки не выдерживали на морозе постоянных поворотов трубы двадцатисантиметрового телескопа. В марте в Мильково была доставлена монтировка EQ6Pro, которая была установлена на зацементированную колонну, а на саму монтировку была подвешена труба от телескопа MEADE LXD75. Результаты этих манипуляций не заставили себя ждать: в ночь на 5 апреля было проведено около одной тысячи измерений по космическим объектам в пятидесяти проводках.

Успешный опыт астрономических наблюдений на Камчатском полуострове усилиями малых телескопов выносит на повестку дня новые задачи. Астроклиматические особенности данного региона нашей страны связаны не столько с географическим положением, сколько с пересечённым рельефом самой Камчатки. Наличие хорошо изолированной от влажных воздушных масс и резким континентальным климатом Центральнокамчатской низменности указывает на необходимость наращивания наблюдательной группировки на этой территории. Небольшие телескопы можно было бы разместить с севера на юг как в самой долине, так и на невысоких сопках, расположенных на территории низменности.

## Оптический расчёт многорежимного спектрографа

Сазоненко Д. А.<sup>1,2</sup>, Кукушкин Д. Е.<sup>1,2</sup>, Бахолдин А. В.<sup>1</sup>, Валявин Г. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*Sazonenkoda@mail.ru*

Для повышения эффективности астрофизических исследований в САО РАН, планируется построить портативный спектрограф с длинной щелью, устанавливаемый в касегреновском фокусе 1-м телескопа САО РАН. Спектрограф должен обеспечивать режимы работы с разрешением R100, R1000, R4000. Спектрограф должен обеспечивать режим прямых наблюдений. Спектральный диапазон 360 – 750 нм. Пропускание спектрографа должно быть более 50% по всему диапазону. Размер пятен рассеяния во всех режимах не должен превышать 2 пикселей. Необходимо использовать стёкла из каталога ЛЗОС. Для расчёта был использован приёмник 2000 × 4000 пикселей с размером пиксела 13.5 мкм. При выборе принципиальной схемы была выбрана оптическая схема с осевой симметрией. В качестве дисперсионного элемента была выбрана симметричная гризма с дифракционной решёткой посередине. Выбор такой схемы позволил использовать отдельные гризмы для реализации каждого спектрального режима. Обеспечение режима прямых наблюдений происходит за счёт вывода диспергирующего элемента из оптической системы. Такое решение позволяет реализовать схему с минимальным количеством подвижных элементов. Было принято решение разделить режим R4000 на 3 диапазона: 350 – 450 нм, 450 – 580 нм, 580 – 750 нм. В результате работы был получен прибор, работающий во всех режимах. Размер пятен рассеяния не превышает размера 2 пикселей во всех спектральных режимах и в режиме прямых наблюдений в диапазоне 380 – 750 нм. Пропускание прибора более 50% в диапазоне 360 – 750 нм. В результате работы рассчитана оптическая система, которая может стать базовой для портативного спектрографа с длинной щелью.

## Оцифровывание и обработка негативов архива Плана Г.А. Шайна

Шляпников А. А., Елизарова Н. В., Москвин В. В.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aas@crao.crimea.ru*

В постере представлены этапы создания цифровой версии негативов, полученных при выполнении Плана Г.А. Шайна. Описана процедура сканирования, предварительной астрометрической калибровки, создания скрипта, обеспечивающего визуализацию покрытия фотопластинками наблюдаемых областей в приложении Международной виртуальной обсерватории – интерактивном атласе неба Aladin. Отдельно рассмотрено создание каталога отсканированных изображений с возможностью сетевого доступа к уменьшенным копиям фотопластинок, и к информации о них, размещённой Мировой базе данных широкоугольных полей. Проиллюстрирована связь оцифрованных негативов с каталогами, созданными на их основе.

Каталоги, созданные при работе по Плану Г.А. Шайна, были ограничены в проникающей способности до тринадцатой звёздной величины, что было обусловлено необходимостью уверенной спектральной классификации звёзд. Однако, негативы с прямыми изображениями и длительными экспозициями, содержат информацию для более слабых объектов. Следующим шагом в создании цифровой версии архива Плана Г.А. Шайна стала обработка отсканированных фотопластинок с целью извлечения из них информации о координатах и блеске зафиксированных объектов. Представлено программное обеспечение, применённое для редукции обрабатываемых изображений в систему опорного каталога. Проиллюстрированы предварительные результаты сравнения данных, полученных при обработке негативов и взятых из различных каталогов, размещённых в базе данных Vizier.

## Полвека наблюдений на телескопе МТМ-500. База данных

*Шляпников А. А., Горбунов М. А., Рублевский А. Н.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aas@crasrimea.ru*

В данном докладе мы представляем один из сегментов проекта «Крымская астрономическая виртуальная обсерватория». Будучи установленным одним из первых инструментов в п. Научном в 1949 году, МТМ-500 стал основным телескопом для отработки технологии проведения исследований по различным направлениям. В базу данных (БД) на текущий момент включены наблюдения, выполненные до 2000 года с телевизионным комплексом «Андромеда». За включённый в БД период наблюдений, в них участвовало более 160 сотрудников различных астрономических учреждений. Направления исследований охватывали практически весь диапазон наблюдений как фотометрических, так и спектральных, выполняемых в оптическом диапазоне спектра, от изучения тел Солнечной системы (и искусственного происхождения), до внегалактических объектов. Одним из направлений исследований, которое подробно рассмотрено в докладе, являются наблюдения, выполненные для космических миссий. БД МТМ-500 по данному направлению включает следующие разделы: навигационное сопровождение космических миссий; наблюдения планет во время сближения с ними автоматических межпланетных станций; наблюдение искусственных спутников Земли с целью определения их фотометрических и спектральных особенностей; оптический мониторинг объектов с рентгеновскими вспышками; поиск кандидатов на отождествление с рентгеновскими и гамма источниками; наблюдения в оптическом диапазоне объектов, открытых космическими обсерваториями.

Доклад проиллюстрирован вошедшими в БД оцифрованными изображениями, полученными на телевизионном комплексе, рисунками цифровых записей фотометрических и спектральных наблюдений. БД МТМ-500 формируется с учётом требований и в форматах, поддерживаемых приложениями Международной виртуальной обсерватории. Работа с БД продемонстрирована с использованием этих приложений.

## Разработка IT технологий для научных экспериментов с Российскими космическими телескопами

*Шацкая М. В., Абрамов А. А., Лихачев С. Ф., Селиверстов С. И., Сычёв Д. А.,  
Федоров Н. А.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*mshatsk@asc.rssi.ru*

АКЦ ФИАН является головной организацией проектов по созданию космических телескопов радио- и ИК-диапазонов (миссии Радиоастрон и Миллиметрон).

В настоящее время, в связи с развитием наблюдательной астрономической техники, существуют проблемы лавинообразного увеличения количества данных и возрастания потребностей в вычислительных мощностях. Поэтому, неотъемлемой частью астрономических исследований является эффективное использование вычислительной техники.

Примером успешно функционирующего центра обработки научной информации (ЦОНИ) является центр обработки наземно-космического РСДБ проекта Радиоастрон АКЦ ФИАН. ЦОНИ реализует решение задач информационного обмена между всеми участниками проекта, сбора данных наблюдений со всего мира, хранения большого количества данных и обработки информации в режиме близком к реальному времени. На сегодняшний день ЦОНИ проекта Радиоастрон включает в себя:

- Высокопроизводительный вычислительный комплекс;
- Архив данных, вмещающий более 6000 ТБайт данных;
- Распределённую высокоскоростную сеть передачи данных;
- Инженерную инфраструктуру, обеспечивающую бесперебойную работу ЦОНИ.

В настоящее время в АКЦ ФИАН ведётся планирование IT решений для следующего космического проекта Миллиметрон. Предполагаемый объём данных проекта может достигнуть 150 ПБайт. Для доставки, обработки и хранения такого количества информации планируется создание центра обработки данных (ЦОД) с высокоскоростными каналами связи, хранилищами, вычислительными ресурсами и современным инженерным обеспечением.



## II. АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

## Релятивистские эффекты в звёздной кинематике

*Буткевич А. Г.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*ag.butkevich@gmail.com*

При рассмотрении астрометрических данных на микросекундном уровне точности необходимо, наряду другими релятивистскими эффектами, учитывать изменение барицентрического расстояния до звезды вследствие ее пространственного движения, что, в свою очередь, ведет к изменению времени распространения света от звезды до наблюдателя. В настоящей работе рассмотрена простейшая кинематическая модель – модель равномерного прямолинейного движения относительно барицентра Солнечной системы. В рамках этой модели получено уравнение видимой траектории звезды с учетом времени распространения света. Найдено общее аналитическое решение этого уравнения. Полученное решение описывает строгое и полностью обратимое преобразование астрометрических параметров (положений, параллаксов, собственных движений) и лучевой скорости от одной эпохи к другой. Построенный математический аппарат применяется при построении астрометрических каталогов в проекте Gaia, выполняемого под эгидой Европейского космического агентства. Анализ полученных результатов показывает, что эффекты, связанные со вариациями временем распространения света, наиболее существенны для близких звезд, обладающих значительной тангенциальной скоростью. Например, для звезды Барнарда эти эффекты достигают микросекундного уровня уже при рассмотрении временных интервалов длительностью несколько лет.

## Работы по сравнению и комбинации каталогов координат радиоисточников в Пулковской обсерватории

*Малкин З. М., Лопез Ю. Р.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*malkin@gao.spb.ru*

В докладе описан опыт работ по сравнению и комбинации каталогов координат радиоисточников в Пулковской обсерватории в 2006–2017 гг. с использованием методов классической оптической астрометрии. Принятая процедура состоит из двух этапов. Сначала разности между исходными каталогами и улучшаемой небесной системой отсчета ICRF представляются рядом сферических функций. Затем каждый каталог исправляется за найденные разности (системы исходных каталогов), и исправленные каталоги усредняются. Полученный каталог CAT1 рассматривается как улучшение каталога ICRF в случайном отношении. Затем полученные на первом этапе системы исходных каталогов усредняются, и полученная средняя система рассматривается как систематические поправки к исходной системе ICRF. Сложение средней системы с каталогом CAT1 дает в результате окончательный сводный каталог. Основным преимуществом этого метода по сравнению с методами комбинации радио-каталогов, используемыми в других центрах, является возможность учета систематических разностей высоких порядков.

Отдельно проведено сравнение результатов определения углов ориентации между системами отсчета, задаваемыми каталогами, в трех вариантах: без учета корреляций, с учетом корреляций между прямым восхождением и склонением отдельных источников ( $RA/DE$ ), которые обычно приводятся в каталогах, и с учетом полных корреляционных матриц каталогов. Оказалось, что учет корреляций  $RA/DE$  мало влияет на результат, в то время, как учет полных корреляционных матриц приводит к существенным расхождениям в углах ориентации.

## Исследование современных звёздных каталогов на основе фотоэлектрических покрытий звёзд Луной

*Чуржин К. О., Нефедьев Ю. А., Андреев А. О.*

Астрономическая обсерватория им. В. П. Энгельгардта, Казанский федеральный университет

*konstantinch-n87@mail.ru*

В настоящее время существует достаточное количество каталогов звёздных положений, построенных в небесной системе координат. Также достигнуты большие успехи в создании инерциальной системы координат, то есть системе отсчёта, по отношению к которой пространство является однородным и изотропным, а время – однородным. На основе космических наблюдений получена система координат и собственных движений 118218 звёзд каталога Hipparcos с миллисекундной точностью. Ориентация космической системы координат относительно динамической производилась по результатам наблюдений 48 малых планет с астрометрического спутника HIPPARCOS. Существенным недостатком этого метода является плохая обусловленность системы условных уравнений, что сильно влияет на результаты решения с помощью метода наименьших квадратов (МНК). При этом положение начала отсчета прямых восхождений в каталоге HIPPARCOS требует дальнейшего уточнения. Таким образом, применение для решения этой задачи альтернативного метода, основанного на данных многолетних фотоэлектрических наблюдений покрытий звёзд Луной с 1960 г. до настоящего времени, позволяет получить результаты, свободные от недостатков метода, основанного на наблюдениях малых планет. Применение же более совершенных карт краевой зоны Луны при редукции наблюдений позволяет получить более надежные результаты сравнительно с зарубежными аналогами при прочих равных условиях. Разработанный метод также можно с успехом использовать и при анализе других современных каталогов звёздных положений. Решению этих задач и посвящена данная работа.

## Современные данные о физической либрации и внутреннем строении Луны

*Петрова Н. К.<sup>1,2</sup>, Нефедьев Ю. А.<sup>1</sup>, Загидуллин А. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup>Казанский государственный энергетический университет

Наблюдение физической либрации небесных тел и Луны, в частности, – это один из астрономических методов, позволяющих дистанционно оценивать внутреннее строение небесного тела без применения дорогостоящих космических экспериментов. В сочетании с традиционными наземными наблюдениями (гелиометрические, фотографические), и радио- и светолокация, и новейшие эксперименты, такие, как сейсмическое зондирование с помощью посадочных лунных модулей, и теоретическое и компьютерное моделирование на основе комплексной обработки разного типа данных обеспечили надёжный наблюдательный базис для изучения деталей структуры лунного тела и его физико-химических свойств.

Среди всех методов изучения Луны, проблема развития теории физической либрации остается неизменно актуальной. На сегодняшний день динамику Луны наиболее точно описывает численная теория орбитально-вращательного движения Луны DE430/431, которая учитывает и эффекты релятивистского гравитационного взаимодействия тела Луны с Землей, Солнцем и планетами, и многие тонкие эффекты, обусловленные особенностью внутреннего строения Луны – ее вязкоупругими свойствами и наличием жидкого ядра. Точность этой теории обеспечена, с одной стороны, многолетними наблюдениями Луны средствами лазерной локации, а с другой – всесторонним изучением Луны в ходе различных космических экспериментов. Их за последние полтора десятка лет было немало. Благодаря такому прогрессу в описании внутреннего строения Луны, модель DE430/431 соответствует субметровому уровню точности при сравнении с данными лазерной локации и включает, помимо модели GRAIL для гравитационного поля, также эффекты затухания вращения вследствие трения на границе жидкого ядра и твердой мантии.

Результаты, которых достигли и теории либрации и их практическое применение, получены эффективным использованием, как численной, так и аналитической теории, что требует от современных исследователей развития и численного и аналитического подходов в развитии теории вращательного движения Луны.

## Анализ орбитальных теорий для построения численной теории физической либрации Луны

Загидуллин А. А., Петрова Н. К., Усанин В. С., Нефедьев Ю. А.

Казанский Федеральный Университет

*arhtur.zagidullin@yandex.ru*

Целью данной работы является сравнительный анализ орбитальной теории Луны: аналитической теории Шмидта и динамической эфемериды DE432. Работа выполняется в рамках построения численной теории физической либрации (ФЛЛ). Нюансы вращения Луны определяются многими факторами: это, в первую очередь, прямые гравитационные возмущения от Солнца, Земли и планет, и, во-вторую, косвенное влияние планет через вариации орбиты Луны, вызванные влиянием планет на движение лунного центра масс. При решении главной проблемы ФЛЛ используют как аналитические теории движения Луны, так и, более точные, численные динамические эфемериды JPL NASA. В настоящей работе по построению теории ФЛЛ на первом этапе была использована аналитическая теория Шмидта (Schmidt, 1980). На данном этапе был реализован переход на динамическую эфемериду DE432 (Folkner, 2014). Корректность перехода к численной эфемериде был проверен путем сравнения обоих перечисленных типов эфемерид, при этом выявляя периодические и систематические расхождения между ними и причины этих расхождений. Редукция численной эфемериды, заданной в инерциальной вращающейся эклиптической системе координат, в которой задана теория Шмидта, была реализована путём сложного построения матрицы прецессии. После всех редукционных поправок были получены следующие результаты: на интервале около 800 лет амплитуда остаточных разностей по долготе лежит в интервале от  $-40$  до  $+80$  угловых секунд, а по широте не превосходит 13 угловых секунд. В итоге можно сделать вывод, что такая большая разница в исследуемых теориях возникает из-за отсутствия учета планетных возмущений в аналитической теории Шмидта.

## Кинематические свойства толстого диска Галактики в околосолнечной окрестности

Корчагин В. И., Буданова Н. О., Гожя М. Л.

Южный федеральный университет

*vkorchagin@sfedu.ru*

Большинство исследований кинематических характеристик толстого диска Галактики базируется на критериях, позволяющих отбирать звезды, находящиеся на расстоянии 1–2 кпк от галактической плоскости, где, как полагают, большинство звездных населений представлено звездами толстого диска. Базируясь на хорошо изученных кинематических характеристиках звезд в околосолнечной окрестности, можно отобрать звезды, обладающие сравнительно высокими скоростями в направлении, перпендикулярном плоскости Галактики, и, таким образом, получить выборку звезд, принадлежащую толстому диску. Пространственная плотность звезд толстого диска экспоненциально уменьшается при удалении от плоскости симметрии Галактики. Отбирая звезды толстого диска Галактики, находящиеся в окрестности Солнца, мы получаем более богатую выборку звезд с более точными характеристиками, позволяющую исследовать кинематические свойства толстого диска вблизи его плоскости симметрии.

Результаты исследования базируются на данных каталога радиальных движений звезд RAVE DR4 и каталогов собственных движений звезд SPM4, PPMXL, Tycho2 и UCAC4. Были определены значения дисперсии скоростей толстого диска Галактики в радиальном направлении и в направлении вращения. Распределение скоростей звезд в направлении вращения является асимметричным. Определены параметры асимметрии, и оценено значение отставания вращательной скорости толстого диска Галактики по отношению к объектам, принадлежащим тонкому диску. Величина «асимметричного дрейфа» составляет около 20 км/сек, что указывает на большие значения пространственного масштаба кинематических характеристик толстого диска Галактики в радиальном направлении по сравнению с пространственным масштабом тонкого галактического диска.

## Орбитальная эволюция четырехпланетной системы Солнце – Юпитер – Сатурн – Уран – Нептун на космогонических интервалах времени

*Перминов А. С., Кузнецов Э. Д.*

Уральский федеральный университет

*perminov12@yandex.ru*

В работе представлена численно-аналитическая теория движения применительно к четырехпланетной задаче. Гамильтониан задачи записывается в системе координат Якоби и представляется в виде разложения в ряд Пуассона по элементам второй системы Пуанкаре. Эта система имеет только один угловой элемент – среднюю долготу, что позволяет существенно упростить угловую часть разложения. Разложение гамильтониана строится до второй степени малого параметра, в качестве которого выбрано отношение суммы масс планет к массе звезды.

С помощью метода Хори-Депри получен гамильтониан четырехпланетной задачи в средних элементах. На его основе построены производящая функция преобразования между оскулирующими и средними элементами, функции замены переменных и правые части уравнений движения в средних элементах. Аналитические преобразования выполнены с помощью эшелонированного пуассоновского процессора «Piranha».

Построенная теория применяется нами для исследования орбитальной эволюции планет-гигантов Солнечной системы. Приводятся результаты численного интегрирования осредненных уравнений движения для системы Солнце – Юпитер – Сатурн – Уран – Нептун на интервале времени 10 млрд. лет. Интегрирование выполнено методом Эверхарта 15 порядка. Движение планет имеет почти периодический характер. Экцентриситеты и наклоны сохраняют малые значения. Рассмотрены резонансные характеристики движения. Получены оценки точности численного интегрирования. Проведено сравнение параметров орбитальной эволюции с результатами, полученными другими авторами.

## Динамическая оценка массы пояса Койпера

*Питьева Е. В.<sup>1</sup>, Питьев Н. П.<sup>2</sup>, Бодунова М. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*evp@iaaras.ru*

Пояс Койпера расположен на периферии Солнечной системы. Корректный учет суммарного гравитационного влияния многочисленных тел пояса необходим как для построения более точной динамической модели Солнечной системы и улучшенных эфемерид планет, так и для более достоверного поиска далекой гипотетической планеты. Пояс включает десятки тысяч крупных тел ( $D > 100$  км) и миллионы более мелких объектов. Основная часть объектов пояса расположена в кольцевой зоне между 39.4 а.е. и 47.8 а.е. от Солнца, границы соответствуют средним расстояниям для орбитальных резонансов 3 : 2 и 2 : 1 с движением Нептуна. Для моделирования суммарного гравитационного притяжения небольших объектов пояса, а также еще не обнаруженных, была применена дискретная вращающаяся модель, состоящая из материальных точек с границами, соответствующими основной части пояса Койпера. Было учтено влияние как элементов модели на планеты, так и планет на двигающиеся материальные точки модели. Масса модели (и общая масса пояса Койпера) определялась из анализа движения планет (динамический метод) по радарным данным КА для разных планет. Для оценки массы пояса Койпера наиболее значимыми и ценными были высокоточные измерения КА Cassini, находящегося больше десяти лет около Сатурна. В работе было оценено влияние транснептуновых объектов на движение планет. Показано, что гравитационное ускорение от пояса Койпера на Сатурн превышает возмущающее ускорение от гипотетической девятой планеты с массой, равной 10 массам Земли, если планета удалена от Солнца на расстояние 550 а.е. или более, а предполагается, что она в настоящее время находится в районе афелия (~ 900 а.е. от Солнца). Поэтому при обработке наблюдений следует учесть гравитационное влияние пояса Койпера, и только затем исследовать остаточные невязки для оценки возможного влияния далекой крупной планеты и ее поиска.

## Динамическая эволюция космического мусора в окрестности областей движения спутников глобальных навигационных систем и геостационарной орбиты

*Кузнецов Э. Д.*

Уральский федеральный университет

*eduard.kuznetsov@urfu.ru*

Рассмотрена динамическая эволюция космического мусора в окрестности активно используемых орбит: геостационарной и глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS, Бэйдоу и Галилео, с целью оценить интервалы времени, необходимые для проникновения объектов космического мусора в область движения геостационарных и навигационных спутников. Начальные значения больших полуосей орбит выбирались на 500 км выше и ниже номинальных орбит навигационных спутников в окрестности резонансов высоких порядков, также были рассмотрены супергеосинхронные орбиты в окрестности резонансов высоких порядков. Отношение миделева сечения к массе варьировалось от малых значений, соответствующих спутникам, до больших значений, соответствующих фрагментам космического мусора.

Орбитальная эволюция объектов моделировалась на интервале времени 240 лет с помощью «Численной модели движения искусственных спутников Земли», разработанной в Томском государственном университете. Модель возмущающих сил учитывала: гравитационное поле Земли, притяжение Луны и Солнца, приливы в теле Земли, световое давление с учетом тени Земли, эффект Пойнтинга-Робертсона, сопротивление атмосферы. Уравнения движения интегрировались методом Эверхарта 19 порядка.

Результаты существенно зависят от положения плоскости орбиты. Большие значения отношения миделева сечения к массе приводят к прохождению объектов через геостационарную область и область движения спутников глобальных навигационных систем вследствие светового давления и эффекта Лидова-Кодзаи, приводящих к долгопериодическим колебаниям эксцентриситета и наклона орбит.

## О прогнозировании движения астероидов, сближающихся с Землёй

*Петров Н. А., Соколов Л. Л., Васильев А. А.*

Санкт-Петербургский государственный университет

*petrov@astro.spbu.ru*

Рассматривается задача нахождения возможных сближений и соударений с Землей опасных астероидов. Ее сложность обусловлена возможностью и типичностью резонансных возвратов астероидов, т.е. повторных сближений, при которых теряется точность прогнозирования, движение становится практически недетерминированным. Обсуждаются методы преодоления этой трудности, разработанные в СПбГУ. Приводятся примеры работы созданного авторами программного комплекса для выделения возможных соударений и тесных сближений опасных астероидов (Апофиса и других) с Землей. Используется интегратор Эверхарта и модель DE430, вычисления проводились на компьютерном кластере Санкт-Петербургского государственного университета. Установлено, что основные характеристики траекторий, такие как относительные положения и размеры щелей, ведущих к соударениям, устойчивы относительно малых изменений модели движения. Обнаружены и исследуются возможные соударения астероида Апофис с Луной. Результаты сравниваются с приводимыми на сайте НАСА, демонстрируется хорошее согласие для основных возможных соударений. Нами получен существенно более полный список возможных соударений для рассмотренных астероидов. Обсуждается структура фрактального типа для положений щелей, ведущих к соударениям. Рассматриваются возможности перемещения астероидов в области без соударений с использованием кинетического метода. Заблаговременный удар по астероиду в сочетании с эффектом гравитационного маневра при сближениях с Землей может привести к требуемому результату с использованием возможностей современной космической техники.

Настоящая работа поддержана грантом РФФИ 15-02-04340 и грантом СПбГУ 6.37.341.2015.

## Изучение корреляции значений $D$ -критериев от возмущений орбит астероидов, возможно генетически связанных с метеорными потоками

*Сергиенко М. В., Соколова М. Г., Нефедьев Ю. А.*

Казанский (Приволжский) федеральный университет

*maria\_sergienko@mail.ru*

Рассматриваются некоторые аспекты поиска родительских тел метеорных потоков среди астероидов, сближающихся с Землей. Ранее авторами был выполнен поиск родительских тел для потоков  $k$ -Цикнид,  $\delta$ -Канкрид с помощью  $D$ -критерия Друммонда и критерия Холшевникова (Сергиенко и Соколова, 2017). Для астероидов, отобранных, как возможные родительские тела данных потоков, был произведен ретроанализ изменений элементов их орбит. Для значений  $D$ -критерия Друммонда и критерия Холшевникова, характеризующих близость орбит астероида и метеороида в пятимерном фазовом пространстве, исследована зависимость от степени гравитационных возмущений орбит астероидов. Для исследования были привлечены все имеющиеся в открытом доступе каталоги метеорных орбит, полученные по фотографическим и телевизионным наблюдениям. Полученные результаты позволяют более строго обосновать критерии отбора астероидов, выделенных при поиске родительских тел метеорных потоков на основе  $D$ -критериев.

Работа поддержана грантом РФФИ-15-02-01638-а

## Определение формы, параметров вращения и орбиты астероидов по их радиолокационным наблюдениям

*Медведев Ю. Д., Бондаренко Ю. С.*

Институт прикладной астрономии РАН

*medvedev@iaaras.ru*

С 2015 г. Институтом прикладной астрономии Российской академии наук (ИПА РАН) совместно с обсерваторией Голдстоун (США) периодически проводятся межконтинентальные радиолокационные наблюдения АСЗ с использованием 70-метровой антенны в качестве излучателя и 32-метровых радиотелескопов Российской РСДБ сети «Квazar-КВО» в качестве приемников. Такой способ проведения радиолокационных наблюдений получил название «бистатический», при котором излучатель и приемник располагаются на разных антеннах. Бистатические наблюдения имеют ряд преимуществ. Во-первых, нет необходимости постоянного чередования циклов «излучение–приём». Также, возможен интерферометрический приём эхосигнала несколькими антеннами. Бистатический способ позволяет непрерывно наблюдать быстро вращающиеся небесные тела, а в случае интерферометрического приема – определять направление вращения и получать более точные координаты исследуемого объекта.

Радиолокационные наблюдения АСЗ проводятся следующей образом. 70-метровая антенна станции дальней космической связи обсерватории Голдстоун облучает астероид радиосигналом на частоте 8560 МГц (3.5 см) в правой круговой поляризации. Отраженный от астероида сигнал принимается радиотелескопами РТ-32 в левой и правой круговых поляризациях одновременно. Регистрация сигнала проводится в минимально возможной полосе 0.5 МГц системы преобразования сигнала (СПС) Р1002М. Принятый сигнал квантуется и записывается в цифровом формате данных на модули Mark5В.

При обработке полученных данных вычисляются спектры мощности отраженных от астероида сигналов с заданным частотным разрешением. Так астероид 2011 UW158 представляет собой тело вытянутой формы, а астероид 2014 JO25 – тесной двойной парой.

Смещения доплеровской частоты отраженного сигнала позволяют оценить лучевые скорости, что, в свою очередь, позволяет уточнить орбиту лоцируемого тела.

Для получения радиоизображений АСЗ используются изменения фазо-модулированного сигнала в результате его отражения от вращающегося астероида. Кодовая последовательность фазовой модуляции обычно содержит 511 элементов, длиной 0.125 мкс каждый. Затем, используя исходную кодовую последовательность, вычисляются спектры мощности отраженных от астероида сигналов с заданным частотным разрешением для разных временных задержек.

Результаты обработки радиолокационных наблюдений, полученных на базе радиотелескопов РСДБ сети «Квazar-КВО» в качестве приемных антенн, подтверждают эффективность применения радиолокации для изучения динамических и физических свойств объектов, сближающихся с Землей.

## О траекториях перелета к ресурсно-перспективным околоземным астероидам

*Ефремова Е. В.*

ИНАСАН

*efremova@inasan.ru*

Интерес в изучении астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ) обусловлен не только научными проблемами фундаментального характера, но и повышенным после Челябинского события 2013 года вниманием к проблеме астероидно-кометной опасности, а также перспективами ресурсного использования малых тел Солнечной системы.

Решающее значение для исследования и использования астероидов играют комические миссии. Однако далеко не все из открытых на данный момент 16000 АСЗ могут быть достижимы при современном уровне развития космической техники. Наиболее легко достижимы те астероиды, которые находятся на орбитах с малым эксцентриситетом, небольшим наклоном и значениями большой полуоси в пределах 0.9 – 1.2 а.е. По данным NASA JPL, на текущий момент под перечисленные ограничения попадают 596 астероидов.

В работе решается задача проектирования перелета КА к перспективному в ресурсном плане астероиду 2016 BQ с Земли, АСЗ из семейства Аполлонов. Параметры орбиты астероида схожи с орбитой Земли. Для успешного достижения астероида необходима коррекция траектории КА, поэтому вопросам корректирующих маневров в работе уделено особое внимание. После вывода КА в окрестность астероида навигация производится при помощи автономных систем КА, так как сближение с астероидом на расстояния менее 100 м не может быть осуществлено командами с Земли.

## Критические точки на графиках смещения Северного полюса Земли

*Курбасова Г. С.*

Крымская Астрофизическая обсерватория

*gskurb@gmail.com*

Отклонения траектории движения полюса от закономерного поведения принято объяснять возмущениями, вызванными влиянием внешних и внутренних сил, а появление особых точек на графике координат сопоставляется с мгновенным внешним воздействием. В то же время, природа кратковременных изменений может быть самой различной, в том числе и порождаемой самим процессом вращения Земли.

Точки кратковременного отклонения от траектории движения принято называть критическими или особыми (Арнольд В. И., 1990). В настоящей работе проведен анализ устойчивости критических точек на графиках координат суточных данных о координатах полюса Земли в 1974 и 2006 годах. Построены модели поверхностей приближающие координаты  $X, Y$  в 1974 и 2006 годах. Исследована устойчивость критических точек при малом приращении координат и изменении направления проектирования. Рассматривается вопрос структурной устойчивости физической повторяемости при наличии возмущений соответствующего типа.

Проведено сопоставление моментов появления критических точек на траектории движения Северного полюса Земли с обнаруженными ранее по наблюдениям на различных магнитных станциях скачками параметров геомагнитного поля за последнее столетие. Автором настоящей работы обнаружены скачки на интервале 1969 – 1980 гг. в данных о вековых вариациях геомагнитного склонения и наклона в некоторых пунктах Крыма, вычисленных на калькуляторе IGRF-12.



## Полуаналитическая теория вращения луны для случая Пуассона

*Иванова Т. В.*

Институт прикладной астрономии РАН

*itv@iaaras.ru*

Целью предлагаемого исследования является представление полуаналитической теории вращения твердотельной осесимметричной Луны (случай Пуассона) в форме, совместимой с общей планетной теорией (без вековых членов). Уравнения Пуассона для вращения Луны в Эйлеровых параметрах могут рассматриваться как первое приближение к построению общей теории вращения Луны. В результате, теория вращения Луны представляется в виде рядов по степеням эволюционных переменных (функций эксцентриситетов и наклонов Луны и планет) с квазипериодическими коэффициентами относительно средних долгот Луны и больших планет.

Работа выполнена в рамках программы 1.7 Президиума РАН.

## Программный комплекс для моделирования наблюдений за вращением Луны с её поверхности

*Петрова Н. К.*<sup>1,2</sup>, *Нефедьев Ю. А.*<sup>1</sup>, *Загидуллин А. А.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup>Казанский государственный энергетический университет

Назначение программного комплекса – решение прямой и обратной задач физической либрации Луны. Прямая задача заключается в расчете селенографических прямоугольных координат звёзд, попадающих в поле зрения телескопа, установленного на одном из полюсов Луны. Решение этой задачи основано на использовании аналитической теории физической либрации Луны, разработанной в Казанском университете. Обратная задача состоит в том, чтобы определить параметры физической либрации Луны на основе задаваемых, «наблюдаемых», селенографических координат звёзд. В разработке программного комплекса использовались современные методы программирования с применением свойств и методов объектов книг Excel – рабочих книг, листов, ячеек и диаграмм.

Программный комплекс состоит из нескольких книг Excel, связанных между собой с помощью программных модулей написанных на языке VBA, образующих, своего рода, базу данных, обеспечивающую необходимой информацией и программными средствами решение поставленных задач.

На текущий момент программный комплекс используется для моделирования планируемых наблюдений. При их реализации методы и программы проекта могут использоваться для реальной обработки наблюдаемых данных.

# ПОСТЕРЫ

## Анализ точности прогноза углов прецессии-нутаии

*Малкин З. М.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*malkin@gao.spb.ru*

Знание высокоточных положений небесного полюса необходимо для решения многих задач, таких как, например, космическая навигация, эфемеридное обеспечение навигационных спутниковых систем и оперативное определение всемирного времени. Большинство этих задач требует знания координат небесного полюса, определяемых углами прецессии-нутаии, в реальном времени или даже с упреждением. С другой стороны, наиболее точные значения углов прецессии-нутаии получаются из РСДБ-наблюдений на глобальных сетях станций, результаты которых бывают доступны с задержкой от одной до нескольких недель. Поэтому все приложения реального времени фактически используют прогнозные положения небесного полюса. В настоящей работе исследуется точность прогнозов координат небесного полюса на материале реальных данных, полученных за последние годы в Морской обсерватории США, которая функционирует, как центр вычисления прогнозов Международной службы вращения земли (IERS) и в Пулковской обсерватории.

## Развитие астрономии в Боливии в г. Тариха

*Zalles Rodolfo<sup>1,2</sup>, Архаров А. А.<sup>3</sup>, Молотов И. Е.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Национальная Астрономическая Обсерватория

<sup>2</sup>Автономный Университет Хуан Мисаэль Сарачо

<sup>3</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>4</sup>Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН

*rozalles@hotmail.com*

В 1982 г. между Академией наук СССР и Национальной академией наук Боливии было заключено соглашение о развитии астрономии. В Главной (Пулковской) астрономической обсерватории АН СССР была образована Астрономическая экспедиция АН СССР, и в г. Тариха были размещены астрономические инструменты и создана служба точного времени. За период 1982–1989 гг. в обсерватории был выполнен большой объем астрометрических и астрофизических работ на основании которых в 1990 г. был создан каталог звезд южного неба. Но в 1990 г. сотрудничество было прервано из-за отсутствия финансирования.

Бывшая Советско-Боливийская обсерватория получила статус Национальной астрономической обсерватории Боливии и с 1993 года существует за счет средств, выделяемых местными властями департамента г. Тариха и Университета Хуан Мисаэль Сарачо.

С октября 2006 года начались регулярные наблюдения в рамках проекта ПулКОН – «Пулковская кооперация оптических наблюдателей» по международной программе исследования космического мусора ISON (International Scientific Optical Network), координируемая ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.

## Сравнение распределения радиантов главных и малых метеорных потоков

*Сергиенко М. В., Соколова М. Г., Нефедьев Ю. А.*

Казанский (Приволжский) федеральный университет

*maria\_sergienko@mail.ru*

Для главных метеорных потоков (Персеид, Лирид, Драконида, Геминид), для малых потоков, которые связывают с кометой и астероидом ( $\alpha$ -Каприкорнид, Таурид) и малых потоков неизвестного происхождения ( $k$ -Цикнид,  $\delta$ -Канкрид,  $\chi$ -Ориониды) на основе фотографических и телевизионных каталогов метеорных орбит проводится изучение радиантов. Исследуется величина площади радиации и распределение радиантов в зависимости от массы метеороидов в каждом потоке. Структура радиантов анализируется с точки зрения выделения особенностей их распределения для потоков кометного происхождения и потоков, для которых рассматривается гипотеза их возможной генетической связи с астероидами. Для исследования отобраны потоки, статистически обеспеченные достаточным количеством орбит. Малая статистика орбит, к сожалению, не позволяет проводить поиск родительских тел для многих потоков-сирот.

Работа поддержана грантом РФФИ-15-02-01638-а.

## Геометрические оценки точности и эффективности отражающих элементов при лазерной локации

*Тряпицын В. Н.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*VLADRUMATA@mail.ru*

В докладе рассматриваются виды существующих отражающих элементов на работающих ИСЗ и Луне при проведении лазерно-локационных измерений. Рассматривается процедура высокоточного измерения временного интервала между моментом излучения и моментом приема лазерного импульса на трассе станция лазерной локации – спутник – станция лазерной локации. При проведении измерений фиксируются момент излучения лазерного импульса, момент регистрации отраженного лазерного импульса наземными измерителями интервала времени и временными счетчиками. Рассматриваются точная геометрия прохождения лазерного импульса по вышеуказанной трассе. Рассматривается полный путь прохождения сигнала от попадания лазерного излучения на фотоприемник ИСЗ (от падения фронта лазерного импульса на поверхность устройства регистрации до фиксации момента времени этого события). Подробно рассмотрены поправки и ошибки лазерно-локационных измерений, влияния распределения падающего лазерного импульса по поверхности отражающей панели на процесс измерений. Анализируется ориентация отражающей поверхности (в трех вариантах: плоский отражающий элемент, выпуклая и вогнутая сферические поверхности) относительно направления лазерного импульса. Вычисляются разности геометрического расстояния станция лазерной локации – различные части отражающей поверхности в зависимости от стабилизации положения ИСЗ в космическом пространстве (вращение и направление на центр Земли или станцию лазерной локации). Даны рекомендации по исключению или уменьшению погрешностей при проведении лазерно-локационных измерений, касающиеся конструктивного расположения набора отражающих элементов, ориентации ИСЗ в космическом пространстве, самой отражающей поверхности.

## Опыт работы с БД КраВО по определению координат малых тел

*Шляпников А. А.<sup>1</sup>, Зиновьева В. А.<sup>2</sup>, Кашаев Ф. К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*aas@craocrimea.ru*

В работе представлены предварительные результаты определения координат ярких астероидов по архивным наблюдениям, выполненным в Крымской астрофизической обсерватории. Для редукиции мы использовали уменьшенные копии оцифрованных изображений из коллекции «Крымского обзора малых тел». Представлена таблица избранных астероидов, для которых выполнялось определение координат. Проиллюстрирован выбор опорных звёзд для калибровки фрагментов изображений, на которых присутствуют астероиды. Приведено сравнение определённых координат малых тел по оригинальным изображениям с эфемеридами, опубликованными на сайте HORIZONS System, который поддерживается Jet Propulsion Laboratory (<https://ssd.jpl.nasa.gov/>).

### III. СОЛНЕЧНАЯ И ЭКЗОПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ

## Диссипация атмосфер планет в Солнечной и внесолнечных планетных системах

*Шематович В. И.*

Институт астрономии РАН

*shematov@inasan.ru*

Исследования эволюции атмосфер планет в Солнечной и внесолнечных планетных системах получили чрезвычайно широкое развитие в последние десятилетия как за счет новых данных, полученных космическими аппаратами во время полетов к различным телам Солнечной системы, так и наблюдений внешних тел Солнечной системы и экзопланет при помощи космических и наземных телескопов. Они позволили заключить, что диссипация планетной атмосферы (или атмосферное убегание) играет важную роль в эволюции планет земной группы в Солнечной системе, хотя, многие детали этого явления остаются до конца не понятыми и продолжают активно обсуждаться.

Наблюдения и теоретические модели атмосфер экзопланет, подверженных воздействию экстремальных потоков жесткого излучения родительской звезды, предоставляют замечательную возможность для проверки нашего теоретического понимания этих ключевых процессов – тепловой и нетепловой диссипации, влияющих как на эволюцию планеты, так и ее атмосферы, в частности Земли, на ранних стадиях. Можно ожидать, что будущие наблюдения экзопланет представят более сильные ограничения и приведут к улучшению моделей диссипации атмосферы, а их применение приведет к лучшему пониманию палеоклимата и эволюции планет земной группы в Солнечной системе.

Поскольку предсказание скорости убегания за счет тепловых и нетепловых процессов, происходящих в верхней атмосфере планеты, определяет длительную эволюцию планетных атмосфер, то диссипация давно стала предметом интереса в аэрономии планет и лун в Солнечной системе, а в последнее время вырос интерес к пониманию эволюции атмосфер внесолнечных планет. Особенностью, ограничивающей подходы к моделированию данного явления, является то обстоятельство, что убегание возникает в области разреженной атмосферы, которую обычно называют экзосферой, где состояние газа является существенно неравновесным. Соответственно, в этой области атмосферы, континуальные (газодинамические) модели перестают быть применимыми, так что только кинетическое моделирование на молекулярном уровне описания позволяет точно предсказать структуру течения атмосферного газа и скорость убегания.

В докладе представлен обзор оригинальных результатов исследований автора по проблеме диссипации нейтральных компонент планетных атмосфер. На примере потери атмосферы Марса критически рассмотрены данные последних наблюдений с космических аппаратов в сопоставлении с теоретическими результатами и моделями. Также приведены актуальные результаты исследований скоростей потери атмосферы экзопланетами, а именно, горячими юпитерами и нептунками.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 15-12-30038).

## Current sheets with a sheared magnetic field: From analytical modeling to applications

*Kocharovsky Vl. V.<sup>1</sup>, Kocharovsky V. V.<sup>1,2</sup>, Martyanov V. Yu.<sup>3</sup>, Nechaev A. A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Applied Physics of RAS, Nizhny Novgorod, 603950 Russia

<sup>2</sup>Dept. of Physics and Astronomy, Texas A&M Univ., College Station, TX 77843, USA

<sup>3</sup>Intel Corp., 5000 W Chandler Blvd, Chandler, AZ 85226, USA

*kochar@appl.sci-nnov.ru*

We derive and describe analytically a new wide class of self-consistent magnetostatic 1D structures with sheared field lines in a collisionless plasma using a superposition of current sheets with orthogonal plain magnetic fields and arbitrary energy distributions of particles (Phys. Uspekhi 59 (2016) 1165). We consider particle distributions as functions of generalized particle momenta and restrict ourselves to the sum of two cylindrically symmetric particle distribution functions with orthogonal axes. We carry out a complete classification of possible current and magnetic field profiles in this simple geometry, and consider both relativistic and nonrelativistic situations on the same footing. We show that the previously known current sheets with a sheared magnetic field found analytically are very particular cases of this kind. We give analytical examples of qualitatively different structures with a sheared magnetic field and describe possible relations between their spatial scales, magnitudes of currents and magnetic fields, the degree of anisotropy of particle distributions, and the magnetic-to-particle energy ratio. We discuss various applications of the outlined class of sheared magnetic field configurations to the physics of localized quasistationary current structures in the magnetospheres of planets, Sun and stars, including regions of shock formation due to wind-plasma collisions.

## Сравнение теории динамических приливов и наблюдений в системах экзопланет, содержащих «Горячие Юпитеры»

*Чернов С. В.<sup>1</sup>, Папалоизоу Дж. Ц. Б.<sup>2</sup>, Иванов П. Б.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Кембриджский университет

*pbi20@cam.ac.uk*

В докладе я собираюсь обсудить, как динамические приливы, связанные с возбуждением внутренних гравитационных волн, влияют на орбитальную эволюцию систем, содержащих Горячие Юпитеры, и сравнить ожидаемые теоретические результаты с наблюдениями. Будут рассмотрены системы WASP-43, Ogle-tr-113, WASP-12 и WASP-18, содержащие звезды главной последовательности и Kepler 91, находящийся на стадии красного гиганта. Для расчета орбитальной эволюции будет использоваться формализм Иванова и др., 2013. Будет показано, что хотя в настоящее время не достаточно наблюдательных данных для того, чтобы решить вопрос о том, являются ли динамические приливы эффективными в системах, содержащих звезды главной последовательности, они вероятно определяют орбитальную эволюцию экзопланеты в системе Kepler 91.

## Влияние радиативного давления на газодинамику атмосферы горячего юпитера HD 209458 b

*Черенков А. А.<sup>1</sup>, Бисикало Д. В.<sup>1</sup>, Косовичев А. Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>New Jersey Institute of Technology, Newark, USA

*cherenkov@inasan.ru*

Доклад посвящен исследованию влияния радиативного давления излучения родительских звезд на водородные оболочки горячих юпитеров на примере экзопланеты HD 209458 b. Гидродинамическое моделирование, выполненное нашей научной группой, показало, что у горячих юпитеров формируются несферические вытянутые оболочки, которые остаются стабильными благодаря динамическому давлению звездного ветра. На основе численного моделирования мы исследуем, какое влияние оказывает давление излучения в линии Ly- $\alpha$  на верхние слои атмосфер этих планет. При расчете давления излучения учитывается доплеровский сдвиг в линии и поглощение излучения при его распространении в атмосфере.

Результаты трехмерного численного моделирования показывают, что давление излучения действует только на тонкий слой вещества в оболочке, расположенный ближе всего к звезде, локально изменяя динамику, но суммарный импульс давления излучения в линии Ly- $\alpha$  не достаточен, чтобы оказать существенное влияние на газодинамику атмосферы и, следовательно, эволюцию горячего Юпитера; при этом мы хотим отметить, что это результат слабо зависит от ионизации вещества в атмосфере. Так же мы хотим подчеркнуть, что в данной работе мы рассматривали только случай HD 209458 b, но, вероятно, для других планет, таких как теплые Нептуны и горячие Юпитеры, вращающиеся вокруг звезд с более интенсивной линией Ly- $\alpha$ , давление излучения может оказывать существенное влияние на газодинамику верхних слоев атмосферы.

## Частота слияний экзопланет со звёздами, вызванных приливной эволюцией

*Попков А. В.<sup>1</sup>, Попов С. Б.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*avpopk@gmail.com*

Недавние исследования (например, Metzger et al., 2012) показывают, что падение планеты на звезду, вызванное приливной эволюцией её орбиты, может приводить к транзиентам, наблюдаемым в оптическом, ультрафиолетовом и мягком рентгеновском диапазонах и по энерговыделению сопоставимым со вспышками новых. В настоящей работе методом популяционного синтеза рассчитан темп таких слияний. Используя начальную функцию масс звёзд Круппы и распределение планет по массам и начальным большим полуосям, основанное на популяционных расчётах Alibert et al. (2011, 2013), было построено распределение вероятности слияния планет и звёзд от возраста звёздной популяции. Выявлена сильная зависимость количества слияний от начального распределения масс и радиусов орбит планет.

С использованием информации об истории звездообразования в Млечном Пути получен темп слияний различных типов в галактике, подобной нашей. Частота слияний, приводящих к оптическим вспышкам, составляет примерно  $2,5 \times 10^{-2}$  в год на галактику. На основании распределения вспышек по светимости обсуждается стратегия их наблюдательного поиска: мониторинг галактик на расстояниях в несколько мегапарсек с высоким в течение длительного времени темпом звездообразования.

## Ослабление потери массы горячим юпитером WASP-12b под действием магнитного поля

*Аракчеев А. С., Жилкин А. Г., Бисикало Д. В.*

Институт астрономии РАН

*arakcheev@inasan.ru*

В работе рассматривается влияние дипольного магнитного поля экзопланеты на темп потери массы атмосферой горячего юпитера с параметрами WASP-12b. По результатам трехмерных газодинамических и МГД расчетов показано, что наличие у планеты магнитного момента с величиной 0.1 момента Юпитера приводит к заметному изменению структуры течения. Так, у экзопланеты WASP-12b, при заданном наборе параметров атмосферы, струя из окрестности внутренней точки Лагранжа не останавливается динамическим давлением звёздного ветра и оболочка является открытой. Учёт магнитного поля приводит к изменению типа атмосферы – она становится квази-замкнутой, с характерным размером порядка 14 радиусов планеты, что, в свою очередь, заметно (примерно на 70 %) уменьшает темп потери массы экзопланетой. Уменьшение темпа потери массы в результате действия магнитного поля позволяет экзопланетам формировать замкнутые и квази-замкнутые оболочки при больших степенях переполнения полости Роша, чем это возможно без магнитного поля.



## К вопросу о химическом составе атмосфер звёзд с экзопланетами

*Рябчи́кова Т. А., Ситни́ова Т. М., Алексе́ева С. А., Пахо́мов Ю. В.*

Институт астрономии РАН

*ryabchik@inasan.ru*

В последнее время вопрос о влиянии формирования планет вокруг звёзд на химический состав их атмосфер широко обсуждается в литературе. Наиболее точно это может быть изучено по исследованию химического состава двойных звёзд с планетой, вращающейся вокруг одной из них. Нами проведен детальный анализ химического состава компонентов одной из таких систем, 16 Cyg, для комбинаций параметров атмосфер, полученных по спектрам высокого разрешения, а также по интерферометрии и астеросейсмологии. Проведен сравнительный анализ наших результатов с данными из литературы и показано, что компонент 16 Cyg B, вокруг которого вращается планета-гигант, может в лучшем случае иметь небольшой дефицит металлов, не превышающий 0.02 dex. С высокой степенью точности не обнаружена корреляция относительного содержания металлов от температуры конденсации пыли, что должно учитываться при моделировании процесса формирования планет вокруг звёзд.

## Двухкомпонентная модель протопланетного диска молодой звезды с мало-массивным компаньоном

*Демидова Т. В.<sup>1</sup>, Гринин В. П.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*proxima1@list.ru*

На ранних стадиях эволюции молодые звезды окружены протяженными газо-пылевыми дисками, вещество которых является строительным материалом для планетных систем. При этом пыль составляет всего около 1% от общей массы диска. Тем не менее, она играет очень важную роль в тепловом балансе и химической эволюции дисков. Распределение энергии в инфракрасном и миллиметровом диапазонах спектра полностью определяется пылевой компонентой дисков. Движения мало-массивного компаньона вблизи звезды вызывает периодические возмущения вещества диска, что в свою очередь ведет к формированию крупномасштабных неоднородностей. Структура неоднородностей в газовой и пылевой компонентах может не совпадать. В работе приводятся результаты газодинамических расчетов таких систем, выполненные методом SPH. Вещество диска представляет собой смесь двух типов частиц: со свойствами газа и пыли, динамика которых рассчитывается совместно. Учтены градиенты температуры в диске как в вертикальном направлении, так и в плоскости диска.

## Программа экзопланетных исследований САО РАН

*Валявин Г. Г.*

Специальная астрофизическая обсерватория

*gvalyavin@sao.ru*

В сообщении будет представлена программа исследований экзопланет, начатая в САО РАН в 2014-м году при финансовой поддержке Российского Научного Фонда. Программа осуществляется в комплексе фотометрических, спектроскопических, спеклинтерферометрических исследований и новых инструментальных разработок. Будут обсуждаться структура программы и наиболее интересные результаты. По инструментальным разработкам будет представлен краткий обзор новых астрофизических наблюдательных инструментов и перспективы ввода их в эксплуатацию.

## Формирование планет-гигантов на расстояниях десятков астрономических единиц

*Элбакян В., Воробьев Э.*

Южный Федеральный Университет

*vgeibakyan@sfnedu.ru*

Планеты формируются в газопылевых дисках вокруг молодых звезд. Одним из возможных сценариев формирования гигантских планет является гравитационная фрагментация протозвездных дисков. В работе показано, что массивные газовые фрагменты, образовавшиеся во внешних областях протозвездного диска, могут подвергаться возмущениям со стороны других фрагментов и быстро мигрировать к центральной звезде (в течение нескольких  $10^4$  лет). Однако некоторые фрагменты останавливают свою миграцию на расстоянии нескольких десятков а.е., теряя значительную часть своей внешней оболочки через приливные моменты и сохраняя только плотное и горячее ядро. В то же время центральная температура этих фрагментов может превышать температуру диссоциации водорода ( $\sim 2000$  К), а центральная область фрагмента может сколлапсировать в планету газового гиганта, что дает потенциальное объяснение существования гигантских планет на расстояниях десятков а.е.

## Корректность численного моделирования гравитационных неустойчивостей в околозвездных дисках с развитием множественных коллапсов

*Снытников В. Н., Стояновская О. П.*

Новосибирский государственный университет

*snyt@catalysis.ru*

Изучение физических неустойчивостей относится к классу некорректных постановок для прямых задач математической физики. Для их решения привлекаются численные методы, которые дают приближенные решения, весьма чувствительные к изменению самого метода и входных данных. Внешне парадоксально, но численный метод для изучения исходной задачи с неустойчивостью должен быть устойчив к малым изменениям входных данных.

Такие некорректные задачи широко изучаются для случая развития гравитационных неустойчивостей в околозвездных дисках при образовании планет. В докладе приводятся результаты исследования корректности численных моделей на основе SPH-метода для нестационарных задач гравитационной газодинамики с развитием гравитационных неустойчивостей, в том числе с формированием множественных коллапсов газа в околозвездном диске. Показано, что в численном методе на основе SPH проводится следующая регуляризация: 1) если решение исходной неустойчивой задачи существует на всей временной оси, то ограниченность области изменения переменных в численном методе позволяет удовлетворить условию его устойчивости к малым изменениям входных данных; 2) если решения исходной неустойчивой задачи существуют только на ограниченном временном интервале, как в случае множественных коллапсов, то устойчивый численный метод строится на классе функций, ограниченных фиксированной постоянной, выбираемой из физических соображений. На этом классе функций исходная задача тоже становится корректной. Для выяснения смысла приближенных численных решений, получаемых в вычислительных экспериментах, следует использовать интегральные функции, слабо чувствительные к деталям численного алгоритма.

## Открытие первой российско-американской экзопланеты KPS-1b. Обнаружение новых кандидатов в экзопланеты

*Соков Е.<sup>1,2</sup>, Benni P.<sup>3</sup>, Бурданов А.<sup>4</sup>, Сокова И.<sup>1</sup>, Bretton M.<sup>5</sup>, Hentunen V.-P.<sup>6</sup>, Рысов С.<sup>1</sup>,  
Garlitz J.<sup>7</sup>, Marchini A.<sup>8</sup>, Esseiva N.<sup>9</sup>, Salisbury M.<sup>10</sup>*

<sup>1</sup>Pulkovo Observatory, 196140, St.Peterburg, Pulkovskoje shosse, 65, Russia

<sup>2</sup>Special Astrophysical Observatory (SAO RAS), 369167, Nizhnij Arkhyz, Russia

<sup>3</sup>Acton Sky Portal private observatory, Acton, MA, USA

<sup>4</sup>University of Liege, Liege, Belgium

<sup>5</sup>Baronnies Provençales Observatory, Hautes Alpes - Parc Naturel Régional des Baronnies Provençales, 05150 Moydans, France

<sup>6</sup>Taurus Hill Observatory, Warkauden Kassiopeia ry., Härkämäentie 88, 79480 Kangaslampi, Finland

<sup>7</sup>Private Observatory, 1155, Hartford St, Elgin, Oregon 97827, USA

<sup>8</sup>Astronomical Observatory - DSFTA, University of Siena, Via Roma 56, 53100 Siena, Italy

<sup>9</sup>Observatory Saint Martin, code k27, Amathay Vésigneux, France

<sup>10</sup>The Old Post Office, Staple, Kent, CT3 1LN, United Kingdom

*jenias06@gmail.com*

В 2015 году был запущен проект совместного поиска экзопланет на основе мониторинга избранных площадок на небе в областях близких к Галактической плоскости. Данный проект включает в себя три основных направления: обнаружение, проверка и определение периода и подтверждение новых экзопланет по лучевым скоростям. Первая составляющая проекта: поисковой мониторинговый телескоп Celestron RASA с апертурой 279 мм. Расположен он в частной обсерватории Acton Sky Portal private observatory, Acton, MA, США, которой руководит Paul Benni (США). На базе регулярных фотометрических наблюдений избранных площадок на небе производится поиск транзитоподобных сигналов у попадающих в диапазон от  $10^m$  до  $14^m$  звёзд на основе пакета программ K-Pipe, разработанного Артёмом Бурдановым.

При обнаружении на основе проведённого мониторинга кандидатов в экзопланеты выполняется задача проверки повторяемости подобных транзитных сигналов, определения и уточнения периода их обращения вокруг родительской звезды. Данная задача выполняется при проведении международной наблюдательной кампании (проекта), организованной Евгением Соковым, для каждого из кандидатов.

Также все звёзды с обнаруженными кандидатами проходят проверку на наличие спутников звёздного происхождения. Данная проверка проводится на 6-метровом телескопе БТА (САО РАН) с использованием метода спекл-интерферометрии.

После проведения проверки обнаруженных кандидатов и определения их периода ставится задача подтверждения данных кандидатов на основе анализа лучевых скоростей звезды с дальнейшим определением массы кандидата.

На данный момент в рамках данного российско-американского проекта по поиску экзопланет была открыта первая экзопланета KPS-1b с массой  $M = 1.09 \pm 0.05 M_{Jup}$  и периодом обращения вокруг родительской звезды  $P = 1.7$  суток. Данная экзопланета была подтверждена на телескопе ОНР с использованием спектрографа SOPHIE.

На сегодняшний момент обнаружено 5 уверенных кандидатов в экзопланеты (горячие Юпитеры). Для них уже хорошо определены периоды обращения вокруг родительских звёзд и определены оценки по продолжительности и глубине падения блеска при транзите. Для данных кандидатов ожидается подтверждение их на основе получения лучевых скоростей звёзд.

Также параллельно с данным проектом был запущен проект поиска экзопланет в Пулковской Обсерватории. Производится поиск транзитоподобных сигналов у звёзд, которые имели более чем 3-часовой период фотометрических наблюдений, полученных во время длительной серии наблюдений.

Сейчас обнаружено 2 кандидата в экзопланеты с большим периодом обращения (возможно, 3 и более суток). Продолжительность транзита первого кандидата в экзопланеты составляет  $D \sim 3$  часа, а глубина падения блеска  $Depth \sim 0.007^m$ . Пока не удалось точно определить период для данного кандидата, но можно утверждать, что он превышает 2.5 дня. Второй кандидат в экзопланеты был обнаружен при мониторинге звезды, для которой недавно был обнаружен звёздный спутник. Продолжительность транзита оценивается, как  $D = 5.3$  часа, глубина падения блеска  $Depth \sim 0.01^m$ , а обнаруженный период кратен  $P = 0.91$  суток. Для получения более точных оценок необходимы дополнительные фотометрические и спектральные наблюдения.

Работа поддержана Российским Научным Фондом (грант 14-50-00043).

## Спектроскопическое подтверждение кандидатов в экзопланеты, обнаруженных в ходе миссии «Кеплер»

*Гадельшин Д. Р.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*gdamir-85@mail.ru*

Представлены результаты спектроскопического исследования кандидатов в экзопланеты из каталога космической миссии «Кеплер».

С помощью спектрографа НЭС 6-м российского телескопа БТА лучевые скорости родительских звезд объектов KOI-974.01, KOI-2687.01/02 и KOI-2706.01 проверены на доплеровскую переменность.

Согласно полученным верхним пределам на полуамплитуду колебаний лучевых скоростей родительской звезды, KOI-2706.01 имеет массу существенно меньше 12 масс Юпитера, что прямо указывает на его планетную природу. Также показано, что объекты KOI-2687.01 и KOI-2687.02, которые по данным фотометрии имеют радиусы земного размера или размера белого карлика, не могут быть белыми карликами, а значит и они являются экзопланетами.

Анализ лучевых скоростей KOI-974, звезды класса F, показал заметную переменность на уровне полуамплитуды в 400 м/с, которая плохо коррелирует с фазой ее орбитального вращения. Это указывает на возможное присутствие в системе других массивных планет на внутренних или внешних по отношению к KOI-974.01 орбитах, либо маломассивной звезды на далекой внешней орбите. Методом синтетических спектров для всех родительских звезд программы получены более точные оценки параметров атмосферы и радиусов, что, в свою очередь, позволило уточнить радиусы исследуемых кандидатов в экзопланеты.

## Трудности обнаружения экзопланет с годичным периодом

*Буткевич А. Г.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*ag.butkevich@gmail.com*

Обнаружение экзопланет, у которых период обращения близок к одному году, представляет собой значительные трудности при определенных конфигурациях планетных орбит. В контексте данной задачи рассмотрены три метода детектирования экзопланет: фотометрические транзиты, вариации лучевой скорости и астрометрические наблюдения. Причина, по которой подобные экзопланеты не всегда могут быть обнаружены особенно явно проявляется в случае астрометрических методов. Рассмотрим в качестве примера систему, в которой планета обращается вокруг звезды по круговой орбите в плоскости параллельной эклиптике. Из простых соображений ясно, что параллактический эллипс и видимое орбитальное движение звезды в этом случае геометрически подобны и различаются только размером. Если, кроме того, орбитальный период близок к одному году и линия, соединяющая планету и звезду, параллельна радиус-вектору Земли, то наблюдаемое орбитальное движение звезды неотличимо от эффекта параллакса. С математической точки зрения это означает, что эта задача вырождена и астрометрическое решение не может дать информацию об орбитальных параметрах. Хотя полное вырождение существует только в рассматриваемом частном случае, корреляция между параллаксами и орбитальными параметрами может существовать и в других случаях. В настоящей работе излагается метод, дающий связь между характеристиками орбиты и вероятностью обнаружения экзопланет с периодом около одного года. Исследована надежность рассматриваемых методов при различных конфигурациях планетных орбит.

## Diffuse Interstellar Bands carriers and cometary organic material

*Bertaux Jean-Loup<sup>1</sup>, Rosine Lallement<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>LATMOS, Université de Versailles Saint-Quentin, Guyancourt, France

<sup>2</sup>GEPI, Observatoire de Paris, Meudon, France

We suggest that the large organic molecules found in the dust of comet 67P/CG originated from the interstellar medium (ISM), and that this material is the source of absorption features in stellar spectra known as Diffuse Interstellar Bands (DIBs). These large organic molecules were present in the ISM prior to the emergence of the pre-solar nebula and were conserved during comet formation in the solar nebula due to gentle, hierarchical accretion, a scenario based on many lines of evidences collected with Rosetta *rendez-vous* mission (Davidsson et al. 2016). This is in contrast with the sublimation of H<sub>2</sub>O ice, according to diverse comet D/H values. While the organic to mineral mass ratios  $R_C$  for comet Halley and 67P/CG were measured in the range  $\sim 0.32 - 1.0$ , we estimate that the DIB carriers alone can provide  $R_{ISM} = 0.32$ , but that this ratio could be increased by other organic molecules in the ISM that do not show up in absorption. The decrease of DIB during line-of-sight crossings of the dense cores of interstellar clouds and the simultaneous steepening of the Far UV part of the reddening curve suggest that DIB carriers coagulate and are constituent of the very small grains eventually preserved in comets. This conclusion implies that a future sample-return mission of a comet nucleus would not only provide unique information on comets, but also on the exact nature of the interstellar species producing the hundreds of DIBs, an unanswered question since their discovery several decades ago.

## Исследование атмосферы Марса в эксперименте ACS на борту космического аппарата ТГО ЭкзоМарс

*Кораблев О. И.<sup>1</sup>, Федорова А. А.<sup>1</sup>, Игнатьев Н. И.<sup>1</sup>, Григорьев А. В.<sup>1</sup>,  
Трохимовский А. Ю.<sup>1</sup>, Шакурн А. В.<sup>1</sup>, Montmessin F.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>LATMOS

*korab@iki.rssi.ru*

Спектрометрический комплекс для атмосферных исследований (Atmospheric Chemistry Suite, ACS или АЦС) один из двух российских приборов, установленных на космическом аппарате Trace Gas Orbiter (TGO) российско-европейского проекта ExoMars. Спутник TGO вышел на орбиту вокруг Марса в октябре 2016 г., и сейчас находится в стадии формирования окончательной научной орбиты (аэроторможение). Эксперимент предназначен для исследования атмосферы Марса, как при помощи чувствительных измерений малых атмосферных газов при наблюдении солнечных затмений, так и для мониторинга состояния атмосферы при наблюдениях в надир. Эксперимент позволит приблизиться к решению таких глобальных проблем исследований Марса как современный вулканизм, современное состояние и эволюция климата, и призван решить проблему метана в атмосфере. Спектрометры комплекса перекрывают спектральный диапазон от ближней ИК-области (0.7 мкм) до теплового ИК-диапазона (17 мкм) при спектральной разрешающей силе  $\lambda/\Delta\lambda$  достигающей 50000. Будет представлена концепция эксперимента, дано краткое описание научных задач и представлены результаты измерений, уже полученных на орбите Марса.

Создание прибора АЦС и его управление финансируется Роскосмосом. Авторы благодарят также грант №14.W03.31.0017 Министерства образования и науки и грант РФФИ №16-12-10453.

## Пылевой цикл Марса по данным наблюдений солнечных затмений прибором SPICAM IR за 24 - 34 Марсианские годы

*Бецис Д. С.<sup>1</sup>, Федорова А. А.<sup>1</sup>, Кораблев О. И.<sup>1</sup>, Берто Ж.-Л.<sup>2,1</sup>, Монтмессан Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>LATMOS

*dasha-integral@yandex.ru*

Атмосферный аэрозоль, включающий в себя частицы минеральной пыли и водяного льда, играет важную роль в формировании климата Марса, влияет на атмосферную динамику путем поглощения и рассеяния солнечного излучения. Основным источником пыли является поверхность, с которой частицы поднимаются за счет ветра или пылевых бурь.

Мы представляем результаты обработки данных солнечных затмений, наблюдаемых инфракрасным каналом прибора SPICAM на борту аппарата «Марс-Экспресс». Рассматриваемый период с января 2005 г. по май 2017 г. охватывает 27 – 34 марсианские годы. Было выполнено более 1200 наблюдений, по которым восстанавливались профили оптической толщины, коэффициента экстинкции, параметров распределения частиц по размерам, концентрации. Сравнение этих характеристик в разные сезоны, годы, в различных широтах помогает изучать пылевой цикл, межгодовые и сезонные вариации. Также период покрывает начало и развитие глобальной пылевой бури 28 марсианского года (лето 2007 г.).

ИК канал прибора SPICAM представляет собой инфракрасный спектрометр, работающий на основе акусто-оптического перестраиваемого фильтра. Инструмент выполняет наблюдения в различных режимах: надирные, лимбовые, солнечных затмений. Спектральное разрешение составляет  $3.5 - 3 \text{ см}^{-1}$  и постоянно в рабочем диапазоне длин волн (1 – 1.7 мкм). Вертикальное разрешение в ближайшей к поверхности Марса точке в режиме солнечных затмений меняется от 2 до 12 км, что соответствует полю зрения прибора 4.2 угловых минут.

Для исследования оптических свойств аэрозолей были выбраны 10 длин волн вне полос поглощения атмосферных газов. Если считать, что на них ослабление (экстинкция) обусловлена рассеянием на взвешенных в атмосфере частицах, то этот процесс можно описать теорией Ми. Согласно такому описанию, фактор экстинкции зависит от распределения частиц по размерам. Для каждой высоты в восстановленных профилях была решена обратная задача и найдено это распределение, которое характеризуется эффективным радиусом и эффективной вариацией.

На некоторых профилях существуют выделенные слои с локальным увеличением экстинкции и оптической толщины – их мы можем рассматривать как облака водяного льда, который конденсируется на частицах пыли. По всему объему данных было проведено выделение таких областей. Также была построена карта наблюдаемых значений экстинкции от высоты и широты для разных сезонов марсианского года.

Спектральный диапазон прибора позволяет детектировать частицы от 0.2 до 1.2 мкм. Минимальные значения эффективного радиуса наблюдались в южных полярных широтах во время северной весны и лета (0.2 – 0.3 мкм). Эффективная вариация распределения там тоже мала (около 0.1 на высотах выше 20 км). Во второй половине года эффективный радиус частиц минеральной пыли, как правило, больше, чем в первой. Во время глобальной пылевой бури значение достигало 1 мкм даже на высотах 60 – 70 км. Эффективная вариация исследовалась в диапазоне 0.1 – 0.6, и в разные сезоны в разных широтах были построены типичные профили, показывающие ее зависимость от высоты. Концентрация частиц минеральной пыли варьировалась от  $0.5 - 10 \text{ см}^{-1}$  до  $0.03 - 0.08 \text{ см}^{-1}$ .

## Спектроскопия мезосферы Венеры по данным экспериментов SPICAV и SOIR на борту АМС «Венера-Экспресс»

*Беляев Д. А.<sup>1</sup>, Федорова А. А.<sup>1</sup>, Берто Ж.-Л.<sup>1,2</sup>, Кораблев О. И.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>LATMOS

*bdenya.iki@gmail.com*

Автоматическая межпланетная станция (АМС) «Венера-Экспресс» Европейского космического агентства работала на орбите около Венеры с июня 2006 г. по ноябрь 2014 г. Данная миссия установила новую эпоху в исследовании Венеры после выдающихся экспериментов, осуществленных зондами СССР и США в 1970 – 1980-х годах. Новые научные задачи «Венеры-Экспресс» заключались в глобальном исследовании с обреты подоблачной и надоблачной атмосферы, облаков, ионосферы и околопланетной плазмы. Комплекс спектрометров SPICAV / SOIR на борту АМС измерял химический состав малых газовых составляющих мезосферы планеты (высоты от 65 до 110 км): хлор и серосодержащие компоненты (SO, SO<sub>2</sub>, HCl), угарный газ (CO), водяной пар (H<sub>2</sub>O), озон (O<sub>3</sub>), а также некоторые их изотопы. Эти молекулы играют ключевую роль в химических процессах мезосферы Венеры, несмотря на их относительно малое содержание: 0.1 – 1 ppm (частей на миллион).

В данной работе мы представляем обзор основных результатов, полученных из спектрометрических наблюдений SPICAV и SOIR. УФ и ИК каналы SPICAV работали в диапазонах спектра 118–320 нм и 0.6–1.7 мкм соответственно, а ИК спектрометр SOIR – в области 2.2–4.2 мкм. Различные режимы орбитальных наблюдений (затмения, надир) позволили впервые получить высотное распределение содержания атмосферных газов над облаками Венеры, а также проследить за их широтными и годовыми вариациями на уровне верхней границы облаков (~ 70 км).

Коллектив авторов благодарит за предоставленные материалы российских, французских и бельгийских коллег по экспериментам SPICAV и SOIR. Работы по анализу распределения водяного пара (H<sub>2</sub>O и HDO) продолжаются при поддержке гранта Правительства РФ №14.W03.31.0017, а по распределению сернистых окисей (SO<sub>2</sub> и SO) – благодаря гранту РФФИ №16-02-00633.

## Свойства аэрозольных частиц надоблачной дымки атмосферы Венеры

*Лугинин М. С.<sup>1</sup>, Федорова А. А.<sup>1</sup>, Беляев Д. А.<sup>1</sup>, Монмессан Ф.<sup>2</sup>, Кораблев О. И.<sup>1</sup>, Берто Ж.-Л.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>LATMOS, CNRS, Франция

*mikhail.luginin@phystech.edu*

Поверхность Венеры скрыта от наблюдателя непрозрачным в видимом диапазоне слоем облаков, простирающимся на высотах от 50 до 70 км над поверхностью планеты. Верхняя дымка расположена над основным слоем облаков на высотах 70 – 90 км. Поляриметрические наблюдения, выполненные с помощью наземных телескопов, показали, что на уровне верхней границы облаков частицы являются сферическими со средним радиусом ~ 1 мкм и показателем преломления  $n_r = 1.44$  на длине волны 0.55 мкм (Hansen & Hovenier, 1974). Авторами было высказано предположение, что облака состоят из жидких капель водного раствора концентрированной серной кислоты. Данные поляриметрии, полученные с орбитального аппарата «Пионер Венера» (Kawabata et al., 1980), позволили оценить размеры частиц ( $0.23 \pm 0.04$  мкм) и оптическую толщину верхней дымки (0.83 на длине волны 365 нм и на порядок меньшая величина у экватора). До недавнего времени считалось, что надоблачную дымку составляют преимущественно субмикронные частицы.

Анализ высотных профилей пропускания надоблачной дымки в видимом и инфракрасном диапазонах, полученных прибором СПИКАВ-ИК при проведении экспериментов по солнечному просвечиванию, показал наличие двух мод в распределении частиц по размерам с характерными размерами 0.1 мкм и 0.8 мкм и счетными концентрациями  $200 \text{ см}^{-3}$  и  $0.5 \text{ см}^{-3}$  на высоте 80 км (Luginin et al., 2016). Анализ высотных профилей счетной концентрации аэрозольных частиц показал более высокие значения шкалы высоты в приполярной области (4 – 5.5 км) по сравнению с высокими широтами (2 – 4 км). В некоторых сеансах солнечных затмений наблюдался инверсионный слой в профилях оптической толщи, коэффициента ослабления и эффективного радиуса на высотах от 80 до 90 км. Мы предполагаем, что это явление является результатом конденсации водяного пара на каплях водного раствора серной кислоты при температурах < 200 К.

М.Л., А.Ф., Д.Б., О.К. и Ж.-Л.Б. благодарят за финансовую поддержку грант Правительства РФ №14.W03.31.0017.

## Неустойчивости и турбулентные движения в пылевой плазме у поверхности Луны при ее взаимодействии с плазмой хвоста магнитосферы Земли

*Морозова Т. И.<sup>1,2</sup>, Попель С. И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (Государственный университет)

*timoroz@yandex.ru*

Представлено описание волновых процессов при взаимодействии хвоста магнитосферы Земли с пылевой плазмой у поверхности Луны. Ионно-звуковые волны возбуждаются в областях магнитного переходного и/или пограничного слоев магнитосферы в результате развития линейной гидродинамической неустойчивости, тогда как генерация пылевых звуковых волн обусловлена развитием линейной кинетической неустойчивости во всей области взаимодействия хвоста магнитосферы с пылевой плазмой у Луны. В обеих ситуациях развитие неустойчивостей обусловлено относительным движением ионов магнитосферы и заряженных пылевых частиц. Исследованы процессы развития ионно-звуковой и пылевой звуковой турбулентности. Ионно-звуковая турбулентность рассматривается с позиций сильной турбулентности, тогда как для описания пылевой звуковой турбулентности используется теория слабой турбулентности. Для случаев ионно-звуковой и пылевой звуковой турбулентности определены плотности энергии колебаний, эффективные частоты столкновений, а также возникающие в системе электрические поля. Оказывается, что при развитии ионно-звуковой турбулентности в плазменно-пылевой системе у Луны могут возбуждаться электрические поля, несколько меньшие электрических полей у поверхности Луны, возникающих в процессе зарядки её поверхности при взаимодействии Луны с солнечным излучением, но, тем не менее, вполне значимые для установления адекватной картины электрических полей над Луной. Полученные эффективные частоты столкновений следует учитывать при записи гидродинамических уравнений для ионов пылевой плазмы с учетом её турбулентного нагрева.

## Большие циклы Солнечной системы

*Ретеюм А. Ю.*

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

*aretejum@yandex.ru*

Для подготовки к глобальным изменениям среды обитания требуется умение предвидеть дальнейший ход солнечной активности. При решении этой проблемы можно использовать закономерности временного порядка ближнего космоса, установленные автором путем сопряженного рассмотрения астрономических и географических данных. Изучены движения звезды относительно барицентра Солнечной системы (в течение 6000 лет), динамика солнечных пятен по широтам, полушариям и в целом по светилу (за периоды с 1875 г., с 1700 г. и с 1090 г.), колебания полного солнечного излучения (измеренные и восстановленные в 9380-летнем ряду), а также режим оболочек Земли за последний 1 млн. лет. Обнаружен неизвестный ранее 1430-летний цикл, четко проявляющийся в аномалиях на Солнце и Земле. Найдены также свидетельства существования 179-летнего цикла. В результате получена следующая восьмиричная иерархия: 22-летний цикл  $\times 8 \approx 179$ -летний цикл, 179-летний цикл  $\times 8 = 1430$ -летний цикл, 1430-летний цикл  $\times 8 = 11440$ -летний цикл (голоцен), 11440-летний цикл  $\times 8 = 91520$ -летний цикл (открытый М.Миланковичем), 91520-летний цикл  $\times 8 = 732160$ -летний цикл (начался после инверсии магнитного поля планеты).

Факты указывают на двукратное ступенчатое увеличение длительности больших циклов, аналогичное знакомому по 22-летним циклам. Прослеживаются 358-летние, 715-летние, 2860-летние и 5720-летние циклы. Все большие циклы обладают сходной структурой: они зеркально симметричны по середине и в тоже время состоят из двух разных по уровню активности Солнца половин (как и 22-летние циклы). Конец и начало обычно контрастны по интенсивности его излучения. Знание черт подобия 179-летних и 1430-летних циклов с учетом того, что последняя их смена произошла одновременно 14 апреля 1990 г., дает основание ожидать снижения солнечной активности в ближайшие десятилетия с вероятностью до 70-80% при соответствующем биосферном отклике. Мир вступает в новую эпоху – нооцен.



## Кометы в УФ

*Шустов Б. М., Сачков М. Е., Саванов И. С., Канев Е. Н.*

Институт астрономии РАН

*bshustov@inasan.ru*

Кометы являются важными «очевидцами» процессов формирования и эволюции Солнечной системы. Многие проблемы определения химического состава комет и изучения физических процессов в кометных ядрах и комах могут быть наиболее эффективно решены с использованием данных наблюдений в УФ-диапазоне электромагнитного спектра. Из-за непрозрачности атмосферы Земли наблюдения в дальнем и ближнем УФ могут выполняться только методами внеатмосферной астрономии. Наблюдения в УФ диапазоне востребованы, поскольку этот диапазон содержит большинство астрофизически значимых резонансных линий атомов (OI, CI, NI и т.д.), молекул (CO, CO<sub>2</sub>, OH и т.д.) и их ионов. УФ-наблюдения, конечно, нужно проводить и анализировать в комплексе с наблюдениями в других диапазонах. В работе выполнен обзор УФ-наблюдений комет, проведённых с помощью различных космических аппаратов и выделены наиболее перспективные направления для включения в научную программу проекта «Спектр-УФ».

В последние годы интересные результаты были получены путём интенсивного мониторинга спектров высокого разрешения линий CaII K в газовых дисках вокруг отобранных звёзд. Некоторые из наблюдений свидетельствуют о кометной активности. Мы полагаем, что УФ-наблюдения также могут быть полезными для изучения экзокомет. Обсуждаются перспективы УФ-наблюдений экзокомет как с помощью космических инструментов (особое внимание уделено возможностям проекта «Спектр-УФ»), так и на наземных обсерваториях (в полосе  $U$  в более длинноволновом участке).

## Спектрометрические наблюдения астероидов, сближающихся с Землёй, и Главного Пояса с качественной и количественной интерпретацией их спектров отражения

*Щербина М. П.<sup>1,2</sup>, Резаева А. А.<sup>2</sup>, Бусарев В. В.<sup>1,3</sup>, Барабанов С. И.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Физический факультет МГУ

<sup>3</sup>Институт астрономии РАН

*morskayaa906@yandex.ru*

Астероиды – одни из древнейших объектов Солнечной системы, чей состав был минимально изменен со времен её образования. Однако, только для относительно небольшого числа был определен спектральный класс. Вопрос о составе и распределении астероидов разных классов остаётся открытым, а ведь на основании этих данных возможно подтвердить или опровергнуть ту или иную космологическую модель.

Была проведена обработка и моделирование спектров отражения наблюдательных данных астероидов, полученных в 2015-2017 гг. М.П. Щербиной и С.И. Барабановым, а также другими сотрудниками ИНАСАН на Терскольской обсерватории.

Для обработки использовался пакет DECH. Проводились частотная фильтрация, сглаживание спектров и их полиномиальная аппроксимация с помощью программного пакета ORIGIN. По нормированному спектру отражения делался вывод о принадлежности астероида к тому или иному спектральному классу, а значит, определялся состав, характерный для класса.

Следующий этап – это количественная интерпретация. Она позволяет узнать, какие минералы входят в состав астероида и каково их весовое соотношение. В работе использовались спектры минералов из базы данных RELAB (KECK/NASA REFLECTANCE EXPERIMENT LABORATORY) университета Брауна. Контроль достоверности полученных результатов выполняется аналогичным моделированием спектра АСЗ по спектрам отражения метеоритов с изученным составом вещества (из базы данных Университета Виннипег, Канада).

## Результаты исследования астероида 2121 Севастополь на основе фотометрических наблюдений взаимных явлений

*Sokova I. A.<sup>1</sup>, Sokov E. N.<sup>1,2</sup>, Gorshanov D. L.<sup>1</sup>, Vasilkova O. O.<sup>1</sup>, Fernández-Lajús E.<sup>3,4</sup>, di Sisto Romina<sup>3,4</sup>, Bretton Marc<sup>5</sup>, Marchini Alessandro<sup>6</sup>, Knight Carl R.<sup>7</sup>, Colazo Carlos A.<sup>8</sup>, Quiñones Cecilia<sup>8</sup>, Girardini Carla<sup>8</sup>*

<sup>1</sup>Pulkovo Observatory, 196140, St.Peterburg, Pulkovskoje shosse, 65, Russia

<sup>2</sup>Special Astrophysical Observatory (SAO RAS), 369167, Nizhnij Arkhyz, Russia

<sup>3</sup>Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque S/N, 1900 La Plata, Argentina

<sup>4</sup>Instituto de Astrofísica de La Plata, Observatorio Astronómico, Argentina

<sup>5</sup>Baronnies Provençales Observatory, Hautes Alpes - Parc Naturel Régional des Baronnies Provençales, 05150 Moydans, France

<sup>6</sup>Astronomical Observatory, DSFTA - University of Siena, Italy (K54)

<sup>7</sup>Ngileah Observatory, 144 Kilkern Road, RD 1. Bulls 4894, New Zealand

<sup>8</sup>Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba, Laprida 854, Córdoba X5000BGR, Argentina

*Iraida.Anna@gmail.com*

Двойной астероид (2121) Sevastopol принадлежит главному астероидному поясу. Большая полуось его орбиты составляет 2.18 а.е., а период обращения вокруг солнца – 3.23 года. По данным (Masiero et al, 2011), эффективный диаметр астероида составляет 9.32 км (фактический диаметр 8.736 км по данным NASA JPL), а его геометрическое альbedo равно 0.248.

Двойственность данного астероида была обнаружена из фотометрических наблюдений в работе (Higgins et al, 2010), в которых были выявлены взаимные явления (затмения и покрытия), что свидетельствует о наличии у данного астероида спутника. Авторы упомянутой работы также получили оценки орбитального периода спутника (1.546 суток), его диаметра (3.54 км), а также определили период вращения главного компонента ( $2.90640 \pm 0.00002$  часа). На момент проведения данной работы других сведений о данном астероиде не имелось.

В рамках настоящей работы, с целью уточнения и определения параметров двойной системы астероида (2121) Sevastopol, была организована наблюдательная кампания, в которой участвовали 6 телескопов в разных точках Земли. В результате было получено 9 наблюдений взаимных явлений (затмений и покрытий) в двойной системе данного астероида. Четыре явления связаны с покрытиями и затмениями спутника главным компонентом («заднее» явление), и пять явлений связаны с затмением и покрытием главного компонента спутником («переднее» явление). На основе полученных наблюдений была построена предварительная модель двойной системы астероида (2121) Sevastopol, определены и уточнены её параметры.

## Особенности кинематики каталогизированных комет

*Гусева И. С.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*irina@ig2825.spb.edu*

Анализ кинематических параметров наблюдавшихся и наблюдаемых комет, представленных в каталоге Jet Propulsion Laboratory, позволил выявить ряд интересных особенностей. Отдельно рассмотрены параметры орбит короткопериодических комет и комет с эксцентриситетами больше 0.9, разделенных на три подгруппы: долгопериодические кометы, объекты с параболическими и гиперболическими орбитами. Основное явное отличие короткопериодических комет от других – жесткая концентрация перигелиев в плоскости эклиптики (отличается только немногочисленная, менее 7%, группа комет с большими эксцентриситетами типа кометы Галлея). Остальные группы комет показывают схожие между собой распределения перигелиев: нет никакой концентрации к плоскости эклиптики, имеется некая структура, которая при переходе к галактической системе координат показывает явную, хотя и не столь ярко выраженную, концентрацию к плоскости Галактики. Выявлены и другие особенности в распределениях параметров орбит. Полученные результаты анализа кинематики реальных комет соответствуют ряду современных теорий и результатам моделирования процессов формирования и эволюции космических объектов.

## Моделирование квазисинхронной орбиты Фобоса

*Сергеев С. И.*

АО «НПО Лавочкина»

*sis@laspace.ru*

В докладе представлено исследование движения космического аппарата (КА) на квазиспутниковой орбите (КСО) Фобоса в зависимости от вариаций гармоник гравитационного потенциала.

Неправильная фигура Фобоса, которая известна только по нескольким снимкам, определяет трудность задачи автономной навигации КА, который находится с Фобосом в орбитальном резонансе. При этом, динамическая обстановка вблизи Фобоса определяется близостью массивного Марса, вследствие чего относительное движение в окрестности Фобоса достаточно сложно. Спутниковые орбиты в окрестности Фобоса, расположенные внутри сферы Хилла, сильно возмущены.

Квазиспутниковые орбиты допускают длительное пассивное удержание КА вблизи Фобоса при условии отсутствия тесных с ним сближений. При сближениях с Фобосом до расстояний менее 50 км КСО испытывают сильные возмущения, вызванные неравномерностью гравитационного потенциала, при этом информация о поле и о либрационном движении Фобоса очень ограничена.

Оценки возмущений позволяют предложить экономную модель движения, обеспечивающую устойчивость КСО, что необходимо для будущих миссий к Фобосу.

## Применение метода матриц формы для моделирования рассеивающих свойств безатмосферных небесных тел и интерпретации наблюдательных данных

*Петров Д. В., Киселев Н. Н.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*dup@crao.crimea.ru*

Современные задачи рассеяния электромагнитных волн частицами, сравнимыми с длиной волны, часто решаются с помощью метода расширенных граничных условий (Tsang, Kong, Shin, 1985). В принципе этот метод может применяться для изучения рассеяния объектами произвольной формы. Однако зачастую расчеты довольно сложны и требуют больших затрат компьютерного времени (Petrov et al., 2006). В связи с этим упрощение и ускорение подобных расчетов представляется очень важной задачей. Разработанный нами метод матриц формы (*Sh-matrix method*) (Petrov et al., 2011, 2012) позволяет производить эффективное вычисление рассеивающих свойств частиц произвольной формы, как с произвольным размерным параметром  $X = 2\pi r/\lambda$  (здесь  $r$  – некий характерный размер частицы,  $\lambda$  – длина волны падающего света), так и произвольным показателем преломления  $m_0$ .

Благодаря своим достоинствам метод матриц формы широко применим к интерпретации наблюдательных данных, таких как поляриметрические наблюдения астероидов (Петров, Киселев, 2017). С помощью данного метода возможно производить подбор параметров рассеивающих объектов, добиваясь их соответствия наблюдаемым данным, тем самым осуществляя дистанционное зондирование объектов солнечной системы, определение их физико-химических характеристик.

# ПОСТЕРЫ

## Наблюдения 30 SETI-объектов на РАТАН-600

Бурсов Н. Н.<sup>1</sup>, Панов А. Д.<sup>2</sup>, Кудряшова А. А.<sup>3</sup>, Филиппова Л. Н.<sup>4</sup>, Эрженов А. К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Московский государственный университет

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>4</sup>Научно-культурный центр SETI, г. Москва

*nmb@sao.ru*

В 2015 – 2016 гг. на РАТАН-600 проведено несколько циклов плановых наблюдений в континууме астрономических объектов-кандидатов SETI. Наблюдения проведены на приемо-измерительном комплексе Эридан-2 на Южном секторе антенны с плоским отражателем. Список SETI-объектов составил 29 звёзд и одно шаровое скопление, наблюдавшихся в течении двух лет:

- 1) солнцеподобные звёзды, у которых обнаружены планеты: HD 1388, HD 1461, HD 13931, HD 38858, CoRoT-5, HD 51419, HD 69830, НАТ-Р-43, HD 89307, 83 Leo B, HD 114783, HD 134987, HD 146233, HD 150433, HD 157347, HD 164595, HD 164922, CoRoT-9, CoRoT-25, Kepler-69, HD 217877;
- 2) солнцеподобные звезды: HD 50692, HD 154088, HD 172051, близкие к плоскости эклиптики;
- 3) звёзды-адресаты первых радиопосланий с Земли: HD 50692, HD 75732, HD 95128, HD 186408, HD 197076;
- 4) шаровое звёздное скопление NGC 6553 с металличностью  $-0.18$ , что не отличается от металличности многих звёзд с открытыми планетами, как в окружении Солнца, так и на больших расстояниях.

Обработка данных проведена на двух волнах наблюдений 2.7 и 6.2 см. Использовался метод накопления сигналов от SETI-объектов, а также поиск вариации излучения при мониторинге этих объектов в течении всего периода наблюдений. Достигнутая чувствительность при накоплении данных составила менее 10 мЯн для 60% и менее 20 мЯн для 80% из всех наблюдавшихся источников. Общее накопление данных составило до 150 дней наблюдений для почти половины объектов списка.

Анализ полученных данных не выявил значимого сигнала от SETI-объектов, но показал, что на РАТАН-600 можно накапливать сигналы с высокой чувствительностью – до 1 мЯн по плотности потока и проводить мониторинг объектов излучения со стабильностью в несколько процентов от уровня принимаемого сигнала.

## Наблюдения на РТ-22 мазерных линий в кометах

*Вольвач А. Е.<sup>1,2,3</sup>, Вольвач Л. Н.<sup>1</sup>, Малашевич С. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

*volvach@bk.ru*

Состав кометных ядер представляет большой интерес для понимания происхождения комет. Из-за слабого гравитационного поля кометных ядер их атмосферы свободно расширяются в межпланетной среде. Скорость расширения атмосферы – параметр, который имеет решающее значение для интерпретации наблюдений комет и моделирования кометных явлений.

С помощью РТ-22 КраО для дециметрового и сантиметрового диапазонов длин волн разработана приемная аппаратура для наблюдений источников мазерного излучения на молекулах гидроксила. Для проведения наблюдений излучения основного состояния  $^2\Pi_{1/2}$  молекулы ОН (на частотах 1.612 ГГц, 1.665 ГГц, 1.667 ГГц, 1.720 ГГц) использовались как криогенный, так и неохлаждаемый приемники, имеющие собственную шумовую температуру приемных систем  $T_{ш} \approx 10$  К и  $T_{ш} \approx 30$  К, соответственно.

Проведена модернизация аппаратуры и отработаны современные методы наблюдений необходимые для исследований с помощью РТ-22 практически всех известных космических мазеров. Эти нововведения дали возможность начать исследования более слабых источников космического мазерного радиоизлучения в дециметровом, сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн, в том числе и в атмосферах комет, с помощью одиночной антенны и методом РСДБ.

Для проведения регистрации спектров источников использовался Фурье спектр анализатор параллельного типа.

С имеющимися параметрами системы радиотелескоп-радиометр с помощью РТ-22 можно уверенно зарегистрировать излучение кометы в линиях ОН, если блеск кометы превышает  $6^m$ . В среднем, на РТ-22 можно наблюдать одну комету в линиях ОН в течение 1 – 2 лет.

Проведены наблюдения мазерных линий ОН на длине волны 18 см в кометах 9P/Tempel 1, Lulin C/2007 N3, C/2009 R1 (Макнота) и 17P/Холмса, и наблюдения кометы C/2011 L4 (Panstarrs) в линиях  $\text{CH}_3\text{OH}$  и  $\text{NH}_3$ .

## Фотометрические ПЗС-наблюдения двойных астероидов

*Гафтонюк Н. М.*

ФГБУН КраО РАН, г. Ялта, Россия

*oplnel@yahoo.com*

Один из методов исследования физических свойств астероидов основывается на фотометрических наблюдениях и их анализе. Такие наблюдения позволяют определять параметры вращения астероида (период и координаты полюса вращения), его форму, размеры, оптические свойства поверхности, а также обнаруживать двойные и кратные системы среди них.

С 1976 г. в Симеизе на 1-м телескопе фирмы Карл Цейс проводятся фотометрические ПЗС-наблюдения астероидов главного пояса (АГП) и астероидов сближающихся с Землей (АСЗ). Двойные и кратные системы обнаруживают среди АСЗ, АГП, Троянцев, а также среди транс-нептуновых объектов (ТНО). Онджеевская обсерватория (Чехия) организовала службу по обнаружению двойных астероидов «Photometric Survey for Asynchronous Binary Asteroids», в которой участвует более 20 обсерваторий мира. Мы подключились к этой работе в 2005 г. Приводятся результаты по исследованию двойных систем, полученные этой Службой (Pravec et al., 2012, 2016).

## Моделирование динамики остаточных дисков с учетом газовой компоненты

*Демидова Т. В., Шевченко И. И.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*proxima1@list.ru*

Численные расчеты показывают, что в планетезимальных дисках одиночных и двойных звезд могут возникать устойчивые резонансные крупномасштабные структуры, обусловленные присутствием планет. Однако наличие даже малого количества газа в диске может оказывать существенное влияние на процесс формирования подобных неоднородностей, прежде всего на его скорость. В работе рассматривается долговременная динамика планетезималей в остаточном диске двойной или одиночной звезды при наличии газа в диске. Исследуется количественное влияние газовой компоненты диска на формирование и устойчивость резонансных крупномасштабных структур. В качестве основных модельных систем взяты системы с параметрами HL Тау и Кеплер-16.

## Апертурная поляриметрия избранных комет в КрАО

*Жужулина Е. А.<sup>1</sup>, Киселев Н. Н.<sup>2</sup>, Шаховской Д. Н.<sup>2</sup>, Колесников С. В.<sup>2</sup>, Зайцев С. В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского

<sup>2</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

*zhuzhulina.alena@yandex.ru*

Поляриметрия является эффективным методом изучения физических свойств малых тел солнечной системы. В настоящее время для изучения поляризации комет используются два метода – апертурная и панорамная поляриметрия. В период с 2012 – 2017 годы в КрАО были проведены апертурные поляриметрические наблюдения 9 комет: C/2009 P1 (Garradd), C/2011 L4 (PANSTARRS), C/2012 S1 (ISON), C/2013 R1 (Lovejoy), C/2014 Q2 (Lovejoy), C/2013 X1 (PANSTARRS), C/2013 US10 (Catalina), 41P/Tuttle-Giacobini-Kresak и C/2015 V2 (Johnson). Использовался фотометр-поляриметр в касегреновском фокусе (f/16) 2.6-м зеркального телескопа им. Шайна. Все наблюдения проведены в широкополосном фильтре WR (550 – 750 нм). Использовалась диафрагма 15". Кометы наблюдались в диапазоне фазовых углов 10 – 83 град. Гелиоцентрические и геоцентрические расстояния комет находились в пределах 0.88 – 2.56 а.е. и 0.73 – 2.22 а.е. соответственно. Построены фазовые зависимости поляризации комет. Проведено сопоставление с данными синтетической фазовой зависимости поляризации комет, построенной по данным поляриметрической базы данных комет. С учетом фотометрических, спектральных характеристик наблюдаемых нами комет и их поляриметрических характеристик проведена классификация комет, а именно принадлежность каждой кометы к группам с высокой или низкой степенью поляризации на больших фазовых углах. Возможные причины деления комет на два класса по величине степени поляризации на больших фазовых углах обсуждаются.

## О возможности исследования малых тел Солнечной системы с помощью космической обсерватории Миллиметрон

*Кузнецов Э. Д., Соболев А. М., Васильева М. А.*

Уральский федеральный университет

*eduard.kuznetsov@urfu.ru*

Космическая обсерватория Миллиметрон – уникальный инструмент, который позволит впервые детально исследовать малые тела Солнечной системы в диапазоне длин волн от 20 мкм до 20 мм, покрывающем область максимума теплового излучения этих объектов. В поле зрения коротковолнового (КМС) и длинноволнового (ДМС) матричных спектрометров будут попадать малые тела Солнечной системы, которые можно выделять по наличию смещения относительно звёзд. Проведение астрометрической обработки всех кадров, получаемых этими приборами, позволит не только уточнять орбиты известных объектов, но и открывать новые, в том числе, сближающиеся с Землёй и потенциально опасные объекты.

Объекты, движущиеся по близким орбитам, являются источником пыли в Солнечной системе. С помощью Миллиметрона могут быть выполнены наблюдения сближений, а возможно, и столкновений таких тел. Представляет интерес исследование характеристик пылевого кольца в окрестности орбиты Земли – плотность пыли в ведущей области должна быть меньше, чем в ведомой.

Наблюдения теплового излучения объектов позволит оценить их альбедо, что с учетом видимой звёздной величины позволит получить более точные оценки размеров этих тел. Спектральные наблюдения на приборах КМС и ДМС позволят определить распределение энергии в спектрах малых тел, что особенно интересно для далёких объектов: астероидов-троянецов, чья популяция весьма неоднородна; кентавров, проявляющих свойства астероидов и комет; транснептуновых объектов; объектов, относимых к внутренней части пояса Оорта. Миллиметрон может внести решающий вклад в решении задачи поиска Планеты X.

## Структурные и минералогические особенности железосодержащих фаз в метеоритах

*Максимова Е. М.<sup>1</sup>, Гонцова С. С.<sup>1</sup>, Петрова Е. В.<sup>2</sup>, Наухацкий И. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

*sgoncova@gmail.com*

Метеориты остаются одним из самых доступных источников информации о составе вещества Солнечной системы. Детальное исследование минерального состава метеоритов, и, в частности, структуры железосодержащих фаз позволяет получить информацию о физико-химических процессах, происходивших при формировании и дальнейшей эволюции внеземного вещества Солнечной системы. По соотношению Fe-Ni сплава, силикатных фаз и других минералов все метеориты подразделяются на каменные, железные и железокаменные.

В работе методами рентгеновской дифрактометрии, металлографии и сканирующей электронной микроскопии были исследованы образцы метеоритов: Сихотэ-Алинь (железный, ПАВ), Кампо-дель-Сьело (железный, IAB), Дронино (железный, ung), Сеймчан (железосодержащий, MG), Челябинск (каменный, LL5), Northwest Africa 869 (каменный, L4-6).

В исследуемых образцах Fe-Ni сплав представлен в виде минералов камасит (K)  $\alpha$ -Fe(Ni,Co) с концентрацией Ni до 7 вес.% и тэнит (T)  $\gamma$ -Fe(Ni,Co) – 30 вес.%. В металле образцов обнаружена плесситовая структура (P1) – мелкодисперсная смесь камасита и тэнита, сформированная во время медленного непрерывного охлаждения при диффузионном и бездиффузионном механизмах превращений тэнита в камасит.

Включения троилита (Tr) FeS наблюдаются во всех образцах в виде отдельных включений, а в каменных метеоритах в ассоциации с металлом. В метеорите NWA 869 обнаружили металл-троилитовые эвтектики, сформированные при диффузионном обмене между металлом и троилитом во время медленного охлаждения. В ряде металлических зерен каменных метеоритов обнаружены включения самородной меди (Cu) на границе ассоциаций металл-троилит, сформированных при распаде твердого раствора тэнита.

## Наблюдение звёзд с экзопланетами

*Москвин В. В.<sup>1</sup>, Шляпников А. А.<sup>1</sup>, Jiang Ing-Guey<sup>2</sup>, Горбачев М. А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Institute of Astronomy, National Tsing-Hua University, Taiwan

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

*mvv@crao.crimea.ru*

В докладе представлены наблюдения звёзд, у которых были обнаружены транзитные явления, связанные с прохождением экзопланет. Описана работа, проводимая с декабря 2016 года в Крымской астрофизической обсерватории после заключения договора о сотрудничестве с Институтом астрономии Национального университета Тсинг-Хуа (Тайвань) о совместных исследованиях. В список объектов, для которых выполнялись наблюдения, были включены красные карлики с активностью солнечного типа из каталога GTSh-10 с целью поиска возможных вспышек, связанных с наблюдаемым прохождением экзопланеты на фоне диска звезды. В докладе приводится число наблюдений прохождений экзопланет на момент его представления на конференции. Наблюдения выполнялись на телескопе МТМ-500 Крымской астрофизической обсерватории с матрицей Arogee U6 ( $2.4 \times 2.4$  см, 24 микрон/пиксель,  $1024 \times 1024$  пикселей). Большая часть наблюдений выполнена в цветовой полосе близкой к стандартной  $R_c$ . При обработке данных использовалась оригинальная методика, позволившая производить анализ транзитного явления с точностью  $\sim 0^m.005$ .

Представлены список звёзд с их основными характеристиками, начальными эпохами для расчёта транзитных явлений и максимальной амплитудой; детальный журнал наблюдений с указанием дат, числом изображений и другими особенностями полученных данных; приведены кривые блеска наблюдавшихся транзитных явлений. Основная информация, полученная при реализации проекта, размещена на специально созданном сайте обсерватории.

## Перспективы спектральных наблюдений экзокомет на обсерватории пик Терскол

*Пузин В. Б., Саванов И. С., Шустов Б. М., Акимкин В. В.*

Институт астрономии РАН

Кометы – малые ледяные тела Солнечной системы, которые испаряются и газят при близком приближении к Солнцу. В солнечной системе было обнаружено несколько тысяч комет, которые были выброшены внутрь орбиты Юпитера из обширных областей ледяных тел за орбитой Нептуна. В поясе Койпера и облаке Оорта могут содержать триллионы таких замороженных тел. Другие звёздные системы могут также обладать областями содержащими кометы (Zuckerman & Song 2012). На сегодняшний день поиск экзокомет сосредоточен на исследовании молодых ( $< 50$  млн. лет) звёзд А-типа, которые могут обеспечить перспективную среду для изучения молодой планетной системы.

Поглощение, связанное с околовзвёздной газовой (дисковой) составляющей вокруг звёзд А-типа, в основном исследуется с помощью спектроскопии высокого разрешения линии CaII K на  $3933 \text{ \AA}$  (Lagrange-Henri et al., 1990; Welsh et al., 1998; Redfield et al. 2007, Montgomery & Welsh 2012). Любые события испарения, происходящие вблизи звезды, могут вызвать тонкие изменения в плазме и дестабилизировать диск. Впервые краткосрочной (ночная и часовая) вариабельность поглощения линии CaII K на  $3933 \text{ \AA}$  была обнаружена у звезды  $\beta$  Pic при повторных наблюдениях линии CaII K (Ferlet et al., 1987; Lagrange-Henri et al. 1990) и впоследствии был подтвержден с помощью наблюдений абсорбции в ультрафиолетовом диапазоне (Vidal-Madjar и др., 1994). В большинстве случаев подобная спектральная переменность связана с экзокометной активностью. Сейчас насчитывается более десяти звезд, в которых обнаружено существование экзокомет. Для выявления спектральной переменности необходим спектрограф высокого разрешения,  $R$  более 40000. Телескоп Цейсс-2000 обсерватории пик Терскол оснащен эшелле спектрографом фокуса Кудэ, разрешение составляет  $R = 45000$ . В докладе рассматриваются перспективы спектральных наблюдений и первые тестовые наблюдения экзокометной компоненты в спектрах избранных звёзд.



## 4963 Kanroku: возможно, двойной астероид

*Сокова И.<sup>1</sup>, Marchini A.<sup>2</sup>, Palmas T.<sup>2</sup>, Franco L.<sup>3</sup>, Papini R.<sup>2</sup>, Salvaggio F.<sup>2</sup>, Соков Е.<sup>1,4</sup>,  
Garlitz J.<sup>5</sup>, Knight C. R.<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Pulkovo Observatory, 196140, St.Peterburg, Pulkovskoje shosse, 65, Russia

<sup>2</sup>Astronomical Observatory, DSFTA-University of Siena, Italy (K54)

<sup>3</sup>Balzaretto Observatory, Rome, Italy (A81)

<sup>4</sup>Special Astrophysical Observatory (SAO RAS), 369167, Nizhnij Arkhyz, Russia

<sup>5</sup>Private Observatory, 1155, Hartford St, Elgin, Oregon 97827, USA

<sup>6</sup>Ngileah Observatory, 144 Kilkern Road, RD 1. Bulls 4894, New Zealand

*Iraida.Aнна@gmail.com*

Астероид 4963 Kanroku является астероидом главного пояса. Он был обнаружен 18 Февраля 1977 года в обсерватории Kiso. Большая полуось данного астероида составляет  $a = 2.6$  а.е., эксцентриситет  $e = 0.164$  и период  $P = 4.19$  года. Диаметр астероида по последним оценкам составляет  $D = 11.306 \pm 0.034$  км, а период осевого вращения –  $P = 2.616 \pm 0.001$  часов.

На базе фотометрических наблюдений астероида 4963 Kanroku, проведённых в Астрономической Обсерватории DSFTA (Тоскана, Италия), и на основе анализа кривых блеска было обнаружено 2 периода. Первый период, равный  $P = 2.616$  часов, соответствует периоду осевого вращения самого астероида, второй период  $P = 8.2017 \pm 0.0021$ . Задача данной работа состояла в попытке понять причину появления такого периода. В работе мы представляем одно возможное объяснение существования второго периода в кривых блеска.

Для получения большего объёма наблюдательных данных, необходимых для полноценного анализа, была организована наблюдательная кампания по наблюдению за данным астероидом. Таким образом, было получено 5 дополнительных кривых блеска астероида. В сумме с предыдущими кривыми блеска, полученными в Италии, проведя анализ, нам удалось обнаружить повторяющиеся профили кривых блеска и сделать предположение о наличии прецессии оси вращения астероида 4963 Kanroku.

Было проведено моделирование вращения этого астероида с учётом прецессии, благодаря которому удалось получить модельные кривые, которые с большой точностью совпадают с данными, полученными на основе фотометрических наблюдений. Были определены наиболее подходящие параметры обнаруженной прецессии оси вращения астероида.

Также было выдвинуто предположение о наличии у данного астероида спутника, который может вызывать подобную прецессию. Таким образом, астероид 4963 может являться двойным, но для проверки этого предположения требуются дополнительные наблюдения.

## Влияние магнитного поля на гравитационную устойчивость аккреционных дисков

*Русских В. Н.<sup>1</sup>, Дудоров А. Е.<sup>1</sup>, Хайбрахманов С. А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Челябинский Государственный Университет

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет

*rusvyacheslav@mail.ru*

Исследовано влияние остаточного крупномасштабного магнитного поля на гравитационную неустойчивость в аккреционных дисках молодых звезд. Диск – геометрически тонкий, вращается с кеплеровской скоростью, магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости диска. Структура аккреционного диска рассчитывается с помощью кинематической МГД-модели Дудорова и Хайбрахманова (2014). В исследовании используется метод малых возмущений.

Рассчитан критерий устойчивости и наиболее неустойчивые длины волн, определяющие характерную массу сгустков, с учетом электромагнитной силы и без. Получены оценки масс сгустков и наиболее вероятных областей их образования в дисках звезд типа Т Тельца массами,  $M$ , от  $0.5M_{\odot}$  до  $2M_{\odot}$  при параметре турбулентности,  $\alpha = 0.01$ , и темпе аккреции,  $\dot{M} = 10^{-7} M/\text{год}$ . Полученные результаты согласуются с наблюдениями.

Сделаны выводы, магнитное поле увеличивает размер сгустков. Образование протопланет возможно в молодых звездных объектах класса I. Исползованный подход позволяет объяснить образование планет-гигантов на больших расстояниях.

## IV. СОЛНЦЕ И ГЕЛИОСФЕРА

## On the possibility to forecast the solar activity based on nonlinear dynamo model with magnetic helicity

*Kleorin N. I.<sup>1</sup>, Safullin N. T.<sup>2</sup>, Kleorin Y. N.<sup>3</sup>, Porshnev S. V.<sup>2</sup>, Rogachevskii I. V.<sup>1</sup>, Sokoloff D. D.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Ben-Gurion University of the Negev, Department of Mechanical Engineering, Beer-Sheva, Israel

<sup>2</sup>Institute of Radio-electronics and Information Technologies, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>Ben-Gurion University of the Negev, Physics Department

<sup>4</sup>Moscow State University, Moscow, Russia

*nat@bgu.ac.il*

We investigate the dynamics of solar activity using a nonlinear one-dimensional dynamo model and a phenomenological equation for the evolution of Wolf numbers. This system of equations is solved numerically. We take into account the algebraic and dynamic nonlinearities of the alpha effect. The dynamic nonlinearity is related to the evolution of a small-scale magnetic helicity, and it leads to a complicated behavior of solar activity. The evolution equation for the Wolf number is based on a mechanism of formation of magnetic spots as a result of the negative effective magnetic pressure instability (NEMPI). This phenomenon was predicted 25 years ago and has been investigated intensively in recent years through direct numerical simulations and mean-field simulations. The evolution equation for the Wolf number includes the production and decay of sunspots. Comparison between the results of numerical simulations and observational data of Wolf numbers shows a 70% correlation over all intervals of observation (about 270 years). We determine the dependence of the maximum value of the Wolf number versus the period of the cycle and the asymmetry of the solar cycles versus the amplitude of the cycle. These dependencies are in good agreement with observations. We apply this nonlinear dynamo model for a prediction of the solar activity. We use a relationship between simulated magnetic values and known sunspot time series, and estimation of system model parameters. This approach allows us to synthesize monthly mean Wolf numbers with acceptable accuracy. We also propose a modification to the prediction procedure based on neural net nonlinear auto-regression in order to increase accuracy of the forecast.

## Прогноз космической погоды на основе данных наземной наблюдательной сети солнечной активности

*Тлатов А. Г.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

<sup>2</sup>КалмГУ, Элиста

*tlatov@mail.ru*

Рассмотрены перспективы создания системы прогноза параметров космической погоды (КП), на основе наземных национальных средств наблюдений солнечной активности. В основе наблюдательной сети лежит опыт создания и эксплуатации автоматических патрульных солнечных телескопов-спектрографов, магнитографа крупномасштабных полей и синоптических телескопов Службы Солнца наблюдательного комплекса Кисловодской Горной астрономической станции.

Прогноз космической погоды можно условно разбить на три составляющие: 1) прогноз рекуррентных, медленно меняющихся, событий, связанных с топологией крупномасштабного магнитного поля; 2) оценка потоков УФ и жесткого излучения; 3) наблюдения быстропротекающих явлений, таких как солнечные вспышки и эруптивные процессы, и прогноз их последствий на орбите Земли.

Для прогноза рекуррентных потоков солнечного ветра (СВ) в настоящее время эффективно применяются данные регулярных наблюдений крупномасштабного поля Солнца на телескопе-магнитографе СТОП. Для оценки потоков жесткого излучения в спокойные периоды и во время солнечных вспышек используются патрульные телескопы в линии СаП К и На. Для детектирования эруптивных процессов и корональных выбросов массы предложен метод, основанный на разности интенсивности в крыльях хромосферных спектральных линий. Патрульные телескопы работают в автоматическом режиме, обеспечивая регистрацию процессов со скважностью около 1 минуты.

Наблюдательные данные служат основой для моделирования процессов распространения воздействия солнечной активности в межпланетной среде и оценки их геоэффективности. Для этого разработаны численные модели для оценки параметров солнечного ветра и корональных выбросов массы. Сравнение с данными наблюдений параметров СВ показывает хорошую корреляцию, что позволяет выполнять оперативный прогноз параметров космической погоды ([www.solarstation.ru](http://www.solarstation.ru)).

Для обеспечения непрерывности прогноза КП, в перспективе необходимо установка автоматических патрульных солнечных телескопов на других наблюдательных пунктах, в том числе и западном полушарии.

## Создание атласа солнечной активности

*Илларионов Е. А.<sup>1,2</sup>, Тлатов А. Г.<sup>3,2</sup>*

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

<sup>2</sup>Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова

<sup>3</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*egor.mypost@gmail.com*

В докладе будет представлен онлайн атлас солнечной активности, разработанный на основе данных Кисловодской горной станции. Станция обладает уникальным архивом обработанных наблюдений солнечной активности за период более 100 лет. Однако эти данные крайне мало вовлечены в научные работы. Остаётся нераскрытым богатый потенциал для создания прогнозов и моделей солнечной активности. Причин здесь несколько. Во-первых, о существовании такого архива мало известно в нашей стране, и ещё меньше среди зарубежных коллег. Во-вторых, доступ к этим данным весьма ограничен, большинство из них не представлены в открытом доступе. Ситуация требует кардинального решения. Для этого Кисловодской горной станцией был инициирован проект по созданию полного и наглядного онлайн атласа солнечных данных [www.observethesun.com](http://www.observethesun.com). Данные наблюдений представлены на трёхмерной модели Солнца, что позволяет в удобной форме изучать, сравнивать и отслеживать изменения активных областей (пятен, ядер солнечных пятен, флоккул, волокон, протуберанцев) и солнечной короны. На отдельной странице представлены индексы солнечной активности, например, площадь групп пятен, числа Вольфа, площадь флоккул и др., которые легко можно комбинировать и просматривать взаимосвязь.

Для правильного отображения элементов активности нами предложены форматы векторизации данных изображений, наиболее достоверно отражающих форму объектов, позволяющие проводить вычисления топологических характеристик. Таким образом, по сути, создан обновляющийся архив солнечной активности, основная информация в котором хранится не в табличном, а векторизованном (визуальном) виде. Это позволяет наглядно изучать активности Солнца за каждый день, начиная с 1905 года по настоящее время.

Сайт функционирует и доступен в русской и английской версии. Разработанную модель предлагается использовать для объединения наблюдений из различных обсерваторий нашей страны. С одной стороны, это позволит раскрыть и популяризировать научный потенциал обсерваторий, а с другой – повысит качество научных исследований за счёт широкого доступа к наблюдательным данным.

## Создание и анализ 100-летних рядов солнечной активности

*Тлатова К. А., Васильева В. В., Скорбеж Н. Н., Тлатов А. Г.*

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

*k.tlatova@mail.ru*

Выполнена оцифровка фотографических архивов ежедневных солнечных синоптических наблюдений и определены характеристики отдельных трассеров солнечной активности. В том числе: магнитных полей солнечных пятен по зарисовкам обсерватории Маунт Вилсон 1917 – 2016 гг., солнечных пятен на фотопластинках Гринвичской обсерватории 1919 – 1972 гг. и ГАС 1954 – 2016 гг.; флоккул в спектральной линии CaII K в период 1905 – 2016 гг. по данным обсерваторий Кодайканал, Маунт Вилсон, Сакраменто Пик и ГАС; солнечных волокон, наблюдаемых в линии H $\alpha$ , за период 1915 – 2016 гг. по данным обсерваторий Кодайканал, Медон, Сакраменто Пик, Канцельное и ГАС; протуберанцев, по данным наблюдений в линиях H $\alpha$  и CaII K, за период 1910 – 2016 гг., по данным обсерваторий Кодайканал, ГАС и зарисовок международной наблюдательной сети спектрогелиоскопов.

Таким образом, созданы ряды характеристик отдельных солнечных пятен, ядер, волокон, флоккул и протуберанцев, а также базы данных векторных границ и фотометрических свойств объектов, охватывающие более 100-лет.

На основе полученных данных и специального программного обеспечения (см. Илларионов и др. 2017) создан интерактивный атлас солнечной активности, на котором представлены ежедневные карты солнечной активности, характеристики отдельных элементов и сводные индексы солнечной активности. Выполнен анализ полученных индексов солнечной активности.

## Роль больших групп пятен в формировании особенностей структуры циклов солнечной активности

*Костюченко И. Г.*

Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л. Я. Карпова

*irkost46@gmail.com*

На основе данных обсерватории Гринвич – научного центра Маршалла за 1874–2015 годы о вариациях среднемесячных значений площадей групп солнечных пятен с различными пороговыми значениями площади исследован вклад каждой из категорий групп пятен в формирование характеристик 11-летних циклов солнечной активности (СА) и их тонкой структуры. Анализ проводился как для всего солнечного диска, так и отдельно для каждого из широтных полушарий.

Оказалось, что квазидвухлетние вариации (КДО) наиболее выражено проявляются у больших групп пятен, причем в КДО процент групп пятен с площадью  $S > 500 - 1000 \text{ Msh}$  значительно выше, чем в среднем в циклах СА. Таким образом, квазидвухлетняя периодичность связана с динамикой очень больших групп пятен, что может объяснить наблюдаемые проявления этих вариаций во всех индексах СА.

Анализ хаотической динамики чисел Вольфа указывает на различие свойств процессов, ответственных за генерацию 11-летнего цикла и КДО.

Полученные результаты можно объяснить существованием процесса, усиливающего магнитные потоки, генерируемые механизмом магнитного динамо, ответственного за 11-летний цикл СА. Этот гипотетический процесс, возможно, развивается под фотосферой, в области высоких значений радиальных и широтных градиентов угловой скорости вращения независимо в каждом из широтных полушарий, с нестабильной периодичностью порядка 1–3 года и переменной интенсивностью.

Рассматривается связь между распределением групп солнечных пятен по площадям в КДО и характеристиками 11-летних циклов СА.

## Модифицированный критерий Танаки-Эноме и анализ его достоверности по наблюдениям 2014-2017 гг. на РАТАН-600

*Курочкин Е. А.<sup>1</sup>, Богод В. М.<sup>1</sup>, Свидский П. М.<sup>2</sup>, Шендрик А. В.<sup>1</sup>, Эверстов Н. П.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической обсерватории РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной геофизики им. акад. Е. К. Федорова

<sup>3</sup>Университет информационных технологий, механики и оптики

*k-u-r-o-k@yandex.ru*

Приведены результаты прогнозирования вспышечной активности, полученные по регулярным наблюдениям активных областей (АО) в микроволновом диапазоне на радиотелескопе РАТАН-600. Дополнительно используются рентгеновские данные спутника GOES и данные мониторинга SWPC. Применён модифицированный критерий Танаки-Эноме, который использует материалы многолетней базы данных наблюдений.

Проведён анализ эффективности прогнозирования в зависимости от пороговых значений критерия. Показано, что качество радиоастрономического прогноза определяется уровнем чувствительности приёмной системы на коротких волнах и уровнем активности Солнца.

## Вспышечное энерговыделение: внутренний конфликт, противоречие с наблюдениями высокого разрешения, возможные выходы

*Пустильник Л. А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Университет Тель Авива

<sup>2</sup>Институт Шамира

*levpust@post.tau.ac.il*

Вспышечное энерговыделение: внутренний конфликт, противоречие с наблюдениями высокого разрешения, возможные выходы. Общепринятая подход к энерговыделению в солнечных и звездных вспышках базируется на двух положениях:

1. Источником энергии вспышек является свободная энергия непотенциального магнитного поля в атмосфере над активной областью.
2. Процессом сверхбыстрой диссипации магнитных полей является перезамыкание в Тонком Турбулентном Токовом Слое (ТТТС).

Мы показываем, что общепринятое описание глобального бесилового поля как источника будущей вспышки не может быть согласовано с открытой в полудне тонкой магнитной структурой, включающей многочисленные аркоподобные нити с диаметрами до 100 км и с постоянным сечением (и, соответственно, полями) на всем протяжении от фотосферы к короне. Этот магнитный скелет из тонких магнитных нитей с сильным взаимодействием между ними и является главным источником запасенной магнитной энергии в солнечной атмосфере над активной областью. Его равновесие и динамика контролируется перколяцией магнитных натяжений через сеть токо-магнитных нитей с фазовым переходом к вспышечному состоянию обусловленным достижением критического значения глобального тока в перколирующей сети.

Мы показываем, что тонкий турбулентный токовый слой (ТТТС), рассматриваемый, как место вспышечного энерговыделения, является абсолютно неустойчивым как из-за расщепления в многочисленные линейные токи диссипативными модами типа тиринг-неустойчивостей, так и в следствие подавления плазменной турбулентности аномальным перегревом турбулентной плазмы. В результате первичный ТТТС распадается в многочисленные домены турбулентной и нормальной плазмы, формирующие случайную резисторную сеть. Распространение тока в такой сети носит характер перколяции с соответствующими фундаментальными свойствами перколяционных сетей: критическими состояниями и фазовым переходом системы к вспышечному энерговыделению и самоорганизацией с формированием степенного спектра вспышек по амплитуде от микровспышек до мегавспышек.

## Вспышечные события в активных областях как лавины в системах с само-организованной критичностью

*Абраменко В. И.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*vabramenko@gmail.com*

Солнечные вспышки можно рассматривать как лавино-образные диссипативные процессы в нелинейной динамической системе. Эта точка зрения, первоначально высказанная Паркером в 1987 году, получила в последние десятилетия широкое распространение благодаря бурному развитию концепции само-организованной критичности (self-organized criticality, SOC). Модель основана на предположении о существовании тесной магнитной связи между фотосферой и короной. Случайные блуждания оснований магнитных силовых трубок и всплытие новых скрученных трубок в фотосфере распространяются выше и создают неоднородности и разрывы в топологической организации магнитного поля, что в конечном счёте приводит к созданию критической ситуации (SOC) с последующими взрывными актами энерговыделения. В рамках этой концепции находят объяснение многие статистические характеристики солнечных вспышек, в частности, степенные законы распределений параметров вспышек. Кроме того, концепция предлагает новые математические средства для изучения динамики замагниченной плазмы и для прогноза вспышек. Предлагаемый доклад будет сфокусирован в основном на последнем аспекте – возможности прогнозирования сильных вспышек в рамках SOC-модели.

Если динамическая система пребывает в состоянии SOC, то лавино-образные процессы (в нашем случае – вспышки) любого масштаба, вплоть до сравнимого с размерами самой системы, могут зарождаться в любой момент и в любом месте. Поэтому, строго говоря, в такой ситуации невозможно заранее указать место, время и интенсивность вспышки. Можно лишь дать вероятностный прогноз. Для этого разрабатываются в последнее время само-обучающиеся компьютерные технологии на основе различных learning machine techniques, – подход, имеющий мало общего с физикой вспышек. Другой подход основан на выявлении физических индикаторов SOC-состояния активной области с последующим вероятностным предсказанием сильных вспышек в течение ближайших 1–3 дней. Этому аспекту будет посвящена основная дискуссия в докладе. И, наконец, весьма кратковременный (менее получаса) прогноз также возможен в условиях, когда «лава на вершине горы» уже тронулась, но не достигла ещё «подножья».

В целом, несмотря на то, что прогнозирование солнечных вспышек является приоритетным направлением в вопросах космической погоды, не следует пренебрегать тем фактом, что физика вспышечного процесса накладывает ограничения на возможность и точность прогноза.

## Большие данные в Солнечной физике: о прогностических моделях солнечных вспышек

*Уртъев Ф. А., Макаренко Н. Г., Князева И. С.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*iknyazeva@gmail.com*

В последнее время накопилось достаточное количество исторических данных для того, чтобы можно было проверить реальность идеи о возможности предсказания солнечных вспышек. На этом пути возникают множество вопросов, например:

- Является ли вспышка случайным событием в динамической истории АО (модель случайной динамики)?
- Насколько представительны дескрипторы эволюции АО, полученные арифметизацией эвристики, например, Sharp-параметры?
- Применима ли идея аналогов Лоренца к динамике АО, т.е. можно ли полагать, что близкие наборы дескрипторов приводят к аналогичным исходам (вспышкам)?
- Как правильно формировать обучающую выборку, в ситуации, когда отсутствуют альтернативы – АО, обладающие подходящей сложностью, но не продуцирующие вспышку?
- Следует ли в схемах АО прогноза учитывать динамическую историю АО, т.е. важна ли непрерывность динамической эволюции?
- Как влияет цензурирование наблюдений (наши условные соглашения о вспышке в истории АО) на успешность прогноза?
- Как предсказать предсказуемость события?

Мы обсуждаем эти методологические вопросы с целью понять насколько обоснованы оптимистические проценты успешности предсказания больших вспышек, и пытаемся ответить на простой вопрос: как высокий уровень успешности апостериорного предсказания вспышек можно согласовать с отсутствием надежного практического предсказания?

## Моделирование астрофизических магнитных полей методами стохастической геометрии и вычислительной топологии

*Князева И. С., Макаренко Н. Г., Уртъев Ф. А.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*urtiev@gmail.com*

В докладе представлены результаты моделирования нелинейных и нестационарных процессов в астрофизических плазменных средах. Рассмотрены два класса моделей. В первом из них речь идет о взаимной связи корреляционных свойств турбулентной среды и наблюдаемых характеристик сигналов, которые формируются этими свойствами. Второй класс моделей имеет дело с диагностикой динамического хаоса в магнитных полях Активных Областей Солнца. Целью является обнаружение предвспышечной динамики фотосферных магнитных полей в Активных Областях (АО) Солнца по наблюдаемым магнитограммам. Параметрами сложности являются топологические инварианты, которые вычисляются непосредственно по HMI/SDO магнитограммам. Статистически доказана прогностическая эффективность предложенных топологических дескрипторов для прогноза сильных вспышек.

## Признаки подготовки мощных вспышек на Солнце в микроволновом излучении и структуре магнитного поля активных областей по данным РАТАН-600 и SDO/HMI: обзор событий 2011-2015 гг.

*Боровик В. Н.<sup>1</sup>, Тлатов А. Г.<sup>2,3</sup>, Абрамов-Максимов В. Е.<sup>1</sup>, Опейкина Л. В.<sup>4</sup>,  
Шрамко А. Д.<sup>2</sup>, Яснов Л. В.<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

<sup>3</sup>Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова

<sup>4</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>5</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*vnborovik@mail.ru*

Представлен анализ активных областей (АО) Солнца, в которых в 2011 – 2015 гг. произошли мощные вспышки (классов мощнее M5 по рентгеновской классификации), выполненный с целью выявления признаков подготовки вспышек по микроволновому излучению АО и их магнитографическим характеристикам. Используются результаты многоволновых спектрально-поляризационных многоазимутальных наблюдений Солнца на радиотелескопе РАТАН-600 в диапазоне 1.7 – 4.5 см с высоким пространственным разрешением, а также наблюдения интегрального потока радиоизлучения Солнца на волнах 3.2 и 4.9 см (данные ГАС ГАО). Анализ магнитографических характеристик АО выполнялся по данным SDO/HMI (со скважностью 1 час) по специально разработанной методике. На примере ряда событий показано, что за 1 – 3 дня до мощной вспышки наблюдался рост суммарного градиента фотосферного магнитного поля в АО. Вспышка происходила через 5 – 10 часов после момента достижения градиентом максимального значения на фазе его спада в том месте АО, где был зарегистрирован максимальный градиент по области. Одновременно по радионаблюдениям было выявлено развитие нового компактного микроволнового источника вблизи нейтральной линии (NL), который отождествлялся с местом наибольшего сближения полей противоположной полярности. В отдельных случаях этот новый источник становился доминирующей компонентой в микроволновом излучении всей активной области. В течение нескольких дней перед вспышкой рост интенсивности нового источника происходил подобно росту градиента магнитного поля. Указанные факты могут быть использованы при разработке методов прогноза сильных вспышек.



## Развитие солнечной вспышки из анализа спектральных линий высокоионизованного железа

*Подгорный И. М.*

Институт астрономии РАН

*podgorny@inasan.ru*

В настоящем докладе представлен анализ динамики солнечной вспышки из распределения электронной температуры солнечной атмосферы при появлении солнечных вспышек и проведено сравнение полученных результатов с моделью вспышки, полученной из численных МГД расчетов. Температура оценивалась по появлению излучения спектральных линий, принадлежащих ионам различной степени ионизации. Использовалось излучение ионизованного гелия и высокоионизованного железа. Анализировались фотографии предвспышечного состояния и вспышек из архива американского аппарата SDO, сделанных в спектральных линиях коротковолнового ультрафиолетового излучения. Показано, что солнечной вспышке обычно предшествует регистрация над активной областью яркого светящегося образования с температурой, превышающей температуру короны. Это локальное образование ( $\sim 1010$  см), мы идентифицируем, как токовый слой в процессе аккумуляции магнитной энергии. После нескольких десятков часов яркость локального свечения над активной областью, наблюдаемого в линиях высокоионизованного железа, резко возрастает. Это возрастание локализованного в короне свечения многозарядных ионов железа совпадает во времени с регистрацией солнечной вспышки. Одновременно появление на поверхности Солнца свечения в линии ионизованного гелия указывает на относительно небольшое нагревание хромосферы. Наблюдаемое поведение атмосферы Солнца в спектральных линиях высокоионизованных ионов можно рассматривать как независимое доказательство коронарного происхождения вспышки, электродинамическая модель которой основана на накоплении магнитной энергии в токовом слое над активной областью и взрывном выделении накопленной энергии. Исследования механизма вспышки приобретают особую актуальность в связи с открытием солнечных космических лучей – протонов с энергией  $\sim 20$  ГэВ. Информация, полученная из мировой сети нейтронных мониторов и измерений на космических аппаратах GOES, позволяет однозначно утверждать, что независимым источником солнечных космических лучей являются солнечные вспышки, а не генерируемые вспышками ударные волны. Невозможно исключить, что аналогичный механизм, а не ударные волны, ответственен и за ускорение частиц в галактике.

## Конфигурация магнитного поля в короне во время солнечной вспышки и вспышечные источники рентгеновского излучения

*Подгорный А. И.<sup>1</sup>, Подгорный И. М.<sup>2</sup>, Мешалкина Н. С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

<sup>3</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН

*podgorny@lebedev.ru*

Тепловое мягкое рентгеновское излучение и ультрафиолетовое излучение солнечных вспышек однозначно показывают, что первичное освобождение энергии солнечной вспышки происходит высоко в солнечной короне (на высотах  $\sim 15000 - 30000$  км). Этот вывод также подтверждает отсутствие сколько-нибудь существенных изменений во времени магнитного поля и магнитного потока на солнечной поверхности во время вспышек. Для определения механизма солнечной вспышки, который объясняет быстрое освобождение энергии в короне, выполнено МГД моделирование в короне над реальной активной областью. При задании условий МГД моделирования, никаких предположений о механизме вспышки не делалось. Распределение магнитного поля на фотосфере, измеренное прибором MDI космического аппарата SOHO, использовалось для задания граничных условий. Цель предложенного моделирования состоит не в проверке предложенного ранее механизма солнечной вспышки (как это делалось ранее), а в установлении механизма вспышки. Результаты МГД моделирования над АО 10365 показали появление токовых слоёв в короне, положения которых совпадают с положениями источников теплового мягкого рентгеновского излучения вспышек 27 мая 2003 г. в 02:53 и 29 мая 2003 г. в 00:51. Основываясь на результатах МГД моделирования и наблюдений, предложена электродинамическая модель солнечной вспышки, объясняющая основные наблюдаемые проявления. Согласно этой модели, накопление энергии вспышки происходит в магнитном поле токового слоя, который возникает в окрестности особой линии X-типа в магнитном поле короны. Диссипация магнитного поля в короне при неустойчивости токового слоя вызывает нагрев плазмы и, следовательно, появление источника теплового рентгеновского излучения. Согласно электродинамической модели вспышки, источники пучкового жёсткого рентгеновского излучения располагаются в местах пересечения с солнечной поверхностью магнитных силовых линий, выходящих из токового слоя. Источники жёсткого рентгеновского излучения появляются вследствие торможения в нижних плотных слоях солнечной атмосферы пучков электронов в продольных токах, вызванных электрическим полем Холла в токовом слое. Анализ конфигурации магнитного поля вблизи места вспышки, с использованием специально разработанных графических методов, показал, что физический смысл процессов накопления и быстрого освобождения магнитной энергии лучше всего может быть наглядно представлен линиями в плоскости конфигурации токового слоя, которые являются касательными к проекциям векторов магнитного поля на эту плоскость. Картина таких линий дает понимание направлений ответственных за эти процессы магнитных сил  $\mathbf{j} \times \mathbf{B}/c$ , которые перпендикулярны этим линиям. Анализ магнитной конфигурации в короне над всей активной областью позволил сделать предварительный вывод о положении источника жёсткого рентгеновского излучения в месте пересечения с фотосферой магнитных силовых линий, выходящих из токового слоя.

## Магнитные поля активных областей NOAA 11476 и NOAA 11515 во время вспышек

*Гопасюк О. С.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*olg@crao.crimea.ru*

По данным инструмента HMI/SDO проведены исследования магнитного поля активных областей NOAA 11476 и NOAA 11515. Во время максимальной фазы вспышек M5.7/B2 (NOAA 11476) и M5.3/B2 (NOAA 11515) в магнитном поле активных областей появились структуры, в которых наблюдалась инверсия знака – транзиенты магнитного поля. Они располагались вблизи тени пятен, существовали в течении нескольких минут и показали пространственное и временное соответствие ядрам вспышек. Мы исследуем эти особенности магнитного поля и их связь с различными аспектами вспышек.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-02-00221А.

## Гомологические вспышки на Солнце в активной области 11302 NOAA

Шаховская А. Н.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*anshakh@yandex.ru*

В активной области 11302 NOAA, с 21 по 26 сентября 2011 года, произошла серия мощных вспышек, существенно различающихся друг от друга по своим характеристикам. Некоторые из них можно охарактеризовать LDE (Long Duration Event), т.е. с длительной постэруптивной фазой, по наблюдению в мягком рентгене. По оптическим наблюдениям это вспышки с несколькими лентами. С ними ассоциированы более массивные и энергичные корональные выбросы массы. Другой класс вспышек, произошедших в данной области, можно определить как компактные по оптическим наблюдениям, или импульсные по наблюдениям в мягком рентгене. Поскольку оба класса вспышек произошли в одной активной области, в течение небольшого промежутка времени, существует возможность детально исследовать возможные причины такого отличия. Для этого используются данные наземных наблюдений в линии  $H\alpha$ , данные SDO в разных диапазонах, наблюдения в мягком рентгене спутником GOES, а также данные коронографа LASCO-SOHO. Импульсные вспышки возникают около пятен и связаны с изменением магнитного поля непосредственно в самой активной области. LDE-вспышки формируются вдоль нейтральной линии и связаны с взаимодействием поля активной области и крупномасштабного магнитного поля Солнца.

## Механизм образования тилта и закрутки в активных областях Солнца и генерация магнитной спиральности в конвективной зоне

*Кузанын К. М.<sup>1</sup>, Клиорин Н.<sup>2</sup>, Рогачевский И.<sup>2</sup>, Соколов Д.<sup>3</sup>, Тлатов А.<sup>4</sup>, Тлатова К.<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН

<sup>2</sup>Университет Бен-Гурион, Бир-Шеева, Израиль

<sup>3</sup>Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

<sup>4</sup>Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

<sup>5</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*kuzanyan@gmail.com*

Механизм образования тилта (угла наклона) в активных областях Солнца и генерация магнитной спиральности и закрученности магнитных полей в конвективной зоне являются ключевыми вопросами теории солнечного динамо.

Мы развиваем из базовых принципов простую модель образования тилта и образования магнитной спиральности. Мы выделяем вклады в этот механизм за счёт силы Кориолиса, магнитной плавучести и неоднородности турбулентности. Мы оцениваем количество первоначальной закрученности в магнитных силовых трубках из механизма глобального динамо, и показываем, что эти величины соизмеримы со вкладом сил Кориолиса и других факторов, действующих на фазе всплытия магнитных силовых трубок. Мы разделяем вклады в тилт и закрученность, чётные и нечётные по широте относительно солнечного экватора, и проясняем их динамику за счёт взаимодействия дипольной и квадрупольной мод солнечного динамо в рамках 22-летнего полного магнитного и векового циклов солнечной активности.

Полученные теоретические результаты согласуются с доступным анализом долговременных рядов наклонов солнечных пятен за более чем 9 циклов (начиная с 1919 г.), а также более коротких рядов наклона биполярных образований и статистики распределения токовой спиральности магнитных полей в активных областях Солнца.

## Система глобального электрического тока в активной области

*Фурсьяк Ю. А., Абраменко В. И.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*yuriy\_fursyak@mail.ru*

По данным о полном векторе магнитного поля в активных областях Солнца можно вычислить структуру вертикальных электрических токов в фотосфере. Мы использовали SHARP-данные (Solar Active Region Patches), полученные инструментом HMI (Helioseismic and Magnetic Imager) на спутнике SDO (Solar Dynamics Observatory), доступные на интернет-ресурсе <http://jsoc2.stanford.edu/ajax/lookdata.html>.

Исследованы магнитограммы для нескольких крупных биполярных активных областей (АО) в момент, когда область находилась вблизи центрального меридиана. По компонентам магнитного поля  $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$  мы вычисляли структуру вертикальных электрических токов, используя инновационный метод вычисления токов по интегральной формуле Стокса, применяя метод Симпсона для численного интегрирования.

По  $B_z$  составляющей наблюдаемого магнитного поля, мы вычислили поперечное потенциальное поле в фотосфере. Далее мы спроектировали наблюдаемое поперечное поле в каждой точке вдоль и поперек направления потенциального поля. Составляющая,  $B_{np}$ , наблюдаемого поперечного поля в направлении поперек потенциального поля обусловлена присутствием электрического тока.

Оказалось, что совокупность направлений вектора  $B_{np}$  по карте АО выявляет два глобальных вихря, один из них охватывает всю лидирующую часть АО, а второй (менее выраженный) – всю хвостовую часть АО. Граница между ними хорошо видна на карте  $B_{npx}$  –  $x$ -составляющей вектора  $B_{np}$ . Этот факт обусловлен тем, что на месте соприкосновения глобальных вихрей, стрелочки  $B_{npx}$  направлены в основном в вертикальном направлении, а горизонтальная составляющая  $B_{np}$  близка к нулю. Поэтому на структурах  $B_{npx}$  область границы отчетливо выделяется.

Проведя эту границу, мы вычислили результирующий ток слева и справа от границы,  $I_{\text{left}}$ ,  $I_{\text{right}}$ . Оказалось, что величины этих токов составляют  $-2.87 \times 10^{12}$  А и  $2.08 \times 10^{12}$  А, соответственно. По направлению ток, охватывающий лидирующую часть АО, направлен вверх (на наблюдателя), а ток, охватывающий всю хвостовую часть, направлен вниз.

По видимому, эта глобальная токовая система замыкается через корону и распределена по всей АО. Азимутальная составляющая глобального электрического тока направлена против часовой стрелки в лидирующей части АО. Этот характер закрутки магнитного поля хорошо согласуется с закруткой петель вокруг пятна, видимых в короне по линии AIA 171 Å.

Аналогичная ситуация наблюдалась и в других биполярных областях. Результат свидетельствует о наличии по крайней мере двух токовых систем в активной области: системы локальных мелкомасштабных токов, распределённых хаотично по всей АО, и системы глобального тока, направленного вверх в лидирующей части, и замыкающегося через хромосферу и корону в хвостовой. Глобальный ток, благодаря своей азимутальной составляющей, может создавать более вертикальные (по сравнению с потенциальными) магнитные структуры в короне и оказывать стабилизирующее действие на всю магнитную конфигурацию АО. Величина его порядка  $10^{12}$  А, что свидетельствует о большом запасе непотенциальной магнитной энергии, выносимой в корону.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-02-00221А и 17-02-00049.

## Два режима увеличения магнитного потока всплывающих активных областей

*Куценко А. С., Абраменко В. И., Тихонова О. И.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*alex.s.kutsenko@gmail.com*

Мы провели анализ скорости всплывания 42 активных областей (АО). В работе использовались магнитограммы продольного поля инструмента Helioseismic and Magnetic Imager обсерватории Solar Dynamics Observatory (SDO/HMI). Всплывающие АО отслеживались в течение 4–7 дней, по магнитограммам рассчитывалось изменение их полного магнитного потока,  $\Phi(t)$ . Затем, после фильтрации 24-часовой гармоники в кривой  $\Phi(t)$ , численно рассчитывалась производная потока по времени  $R(t) = d\Phi(t)/dt$ .

Было установлено, что профиль кривой  $R(t)$  можно условно разделить на три интервала: 1) интервал роста производной,  $\Delta t_1$ ; 2) интервал квазипостоянной производной,  $\Delta t_2$ ; 3) интервал уменьшения производной. Для численной оценки интервалов использовалась аппроксимация профиля  $R(t)$  кусочно-непрерывной функцией. Анализ кривых  $R(t)$  для различных АО показал, что большинство АО можно условно разделить на две группы: 1) «быстро всплывающие» АО, которые характеризуются относительно коротким интервалом квазипостоянной производной  $\Delta t_2$ , и 2) «постепенно всплывающие» АО, которые показывают большой интервал  $\Delta t_2$ . Интервал  $\Delta t_2$  не зависит от максимальной величины магнитного потока АО. Визуальный анализ магнитограмм всплывающих АО показывает, что «быстрый» режим характерен при всплывании единственного, хорошо сформированного магнитного диполя. «Медленно всплывающие» АО обычно показывают постепенное, разнесенное во времени всплывание нескольких диполей, которые впоследствии и формируют АО.

## Как зарождается биполярная группа солнечных пятен?

*Гетлинг А. В.<sup>1</sup>, Бучнев А. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ

<sup>2</sup>Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

*A.Getling@mail.ru*

Для изучения ранней стадии эволюции активных областей (АО) анализируются данные наблюдений на инструменте Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) Обсерватории солнечной динамики (Solar Dynamics Observatory, SDO). Стратегической целью исследования является поиск физического механизма пятнообразования; в плане этой задачи тактической целью работы ставится прояснение вопроса об адекватности модели всплывающей трубки (MBT) сильного магнитного поля. Для этого используются одновременно регистрируемые в выбранной АО магнитные поля и поля скоростей, а именно, Spaceweather HMI Active Region Patches (SHARPs) – оптические изображения, доплеровграммы и полновекторные магнитные поля (последние автоматически рассчитываются в цилиндрической равновеликой проекции Ламберта), – а также картины горизонтальных течений, получаемые по оптическим изображениям с помощью процедуры, аналогичной локальному корреляционному трассированию.

В частности, проанализированы данные наблюдений АО 12548 20–26 мая 2016 г. Найдено, что биполярная структура магнитного поля возникает благодаря обращению знака вертикального магнитного поля. С точностью до нескольких минут выделен момент, когда полярность одного из двух близко расположенных магнитных элементов «хвостовой» полярности меняется на противоположную («головную»), после чего из этих элементов развивается биполярная группа пятен. В дальнейшем зародыши будущих головного и хвостового пятна группы развиваются как изолированные компактные образования с «фонтанообразной» структурой магнитных полей, и между ними не прослеживается присутствия сильного горизонтального поля, которое обязательно присутствовало бы, если бы в этом месте всплывала вершина петли силовой трубки. Отсутствуют также заметные вертикальные потоки вещества между растущими главными пятнами группы. Более того, мелкомасштабные восходящие и нисходящие течения перемешаны, и нисходящие даже доминируют на начальной стадии эволюции. Не наблюдается и растекания из области развития группы. Таким образом, картина эволюции АО находится в резком противоречии с очевидными следствиями всплывания петли трубки.

## Изучение медленной диссипации солнечных пятен по данным космического аппарата SDO

*Живанович И.<sup>1,2</sup>, Соловьёв А. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*ivanzhiv@live*

Солнечное пятно – долгоживущее, четко локализованное и определенным образом структурированное образование, резко выделяющееся на фоне окружающей его фотосферы. Изучение и непрерывные наблюдения солнечных пятен, как важных маркеров солнечной активности, ведутся уже несколько десятилетий. Однако в настоящее время благодаря космическим аппаратам, ведущим постоянные наблюдения Солнца, можно получать данные с лучшим пространственным и временным разрешением. В данной работе было проведено изучение особенностей медленной диссипации солнечных пятен по данным космического аппарата SDO.

## Разномасштабная конвекция в слое с переменной теплопроводностью

*Гетлинг А. В.<sup>1</sup>, Щерица О. В.<sup>2</sup>, Мажорова О. С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ

<sup>2</sup>Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН

*A.Getling@mail.ru*

В солнечной конвективной зоне сосуществуют конвективные течения, сильно различающиеся по характерным размерам и образующие ячейки – гранулы, мезогранулы, супергранулы, гигантские ячейки и, возможно, мини-гранулы. Физические факторы, ответственные за сосуществование разномасштабных течений, на сей день остаются невыясненными. Между тем, солнечная конвекция контролирует процессы структурирования магнитных полей, влияет на характер активных процессов, и понимание природы структурной организации конвекции оказывается важной проблемой физики Солнца. Конечная цель нашего исследования – отыскание факторов, ответственных за расщепление масштабов (разномасштабность) солнечной конвекции. Среди этих факторов – плотностная стратификация, переменное состояние ионизации, переменные коэффициенты переноса и т.д. Их сложность и разнообразие заставляют начинать анализ с простых случаев, рассматривая различные факторы по отдельности.

В работе выполнено трёхмерное численное моделирование тепловой конвекции в горизонтальном слое жидкости с температуропроводностью  $\chi$ , зависящей от температуры  $T$ . Используется расширенное приближение Буссинеска, допускающее вариации  $\chi$ . Рассматривается такой характер зависимости  $\chi(T)$ , при котором вблизи верхней поверхности слоя статический градиент температуры значительно больше по абсолютной величине, чем в остальной части слоя; при этом весь слой сверху донизу конвективно неустойчив. Верхняя поверхность слоя считается свободной, нижняя – жесткой. Для исследования рассчитанных полей скорости и температуры используются фурье-анализ и методы вычислительной гомологии (определяются числа Бетти, характеризующие связность картины восходящих и нисходящих течений).

Как и в варианте задачи с двумя жёсткими горизонтальными границами (Shcheritsa et al., 2016), развитое течение выглядит как суперпозиция ячейчатых конвективных движений трёх масштабов. В отличие от самых крупных ячеек, заполняющих всю толщину слоя, более мелкие ячейки локализованы вблизи верхней его границы и переносятся течениями больших масштабов. В целом картина течения качественно схожа с картиной солнечной конвекции, образованной супергранулами, мезогранулами и гранулами.

## Тонкая структура солнечных пятен и эволюция активной области NOAA 12192

Цап Ю. Т.<sup>1,2</sup>, Коваль А. Н.<sup>1</sup>, Бабин А. Н.<sup>1</sup>, Борисенко А. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*yur\_crao@mail.ru*

Рассмотрена эволюция и морфология магнитной аномалии – появление и исчезновение магнитного потока противоположной полярности на площади, соответствующей приблизительно 10 угл. сек. в тени хвостового солнечного пятна АО NOAA 12192, которая наблюдалась с 21 по 26 октября 2014 г. на магнитограммах продольного поля SDO/HMI, Hinode SOT/SP, SOLIS/VSM. Проведен комплексный анализ спутниковых и наземных наблюдений, включая данные Службы Солнца КРАО РАН. Исследовано влияние инструментальных эффектов, особенности обработки данных SDO/HMI и изменения профиля линии поглощения Fe I 6173 Å на результаты измерений. Исходя из методики наблюдений и вычислений продольных магнитных полей на HMI/SDO, изучено влияние наклона вектора магнитного поля к лучу зрения, а также доплеровского смещения линии на измеряемые значения напряженности поля. Получено, что различные комбинации контуров линии Fe I 6173 Å, возникающие из-за наклона магнитных силовых линий и лучевых скоростей, могут привести к существенному занижению напряженности поля на магнитограммах, однако обращение полярности при этом не происходит. Тонкая пространственная структура аномалии, особенности эволюции, тесная корреляция с изображением системы ультрафиолетовых петель (SDO/AIA, 171 Å) и областью опускания вещества, «усы», отсутствие временной и пространственной корреляции со вспышками указывают на связь обнаруженной аномалии с выходом нового магнитного потока в области тени пятна, находящегося на ранней стадии распада. Этот вывод согласуется с кластерной моделью, в соответствии с которой пятно состоит из тонких изолированных магнитных трубок. Проведен анализ пересоединения магнитных силовых линий (течение Свита - Паркера) в тени пятна. Как следует из полученных оценок, аннигиляция магнитных полей противоположной полярности происходит в течение многих часов на малых (< 30 км) масштабах, что подтверждается результатами наблюдений.

## Моделирование микроволнового излучения солнечной вспышечной петли с растущим миллиметровым спектром

Моргачев А. С.<sup>1,2</sup>, Цап Ю. Т.<sup>3,2</sup>, Смирнова В. В.<sup>2,4</sup>, Моторина Г. Г.<sup>2</sup>, Кузнецов С. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>4</sup>Университет Турку

*a.s.morgachev@mail.ru*

Проведено трёхмерное моделирование микроволнового излучения нетепловых электронов во вспышечной магнитной петле с учётом влияния хромосферы. Изучена возможность формирования наблюдаемого для некоторых солнечных вспышек микроволнового спектра с максимумом в сантиметровом диапазоне длин волн и положительным наклоном в миллиметровом при определенном распределении напряженности магнитного поля и параметров анизотропных электронов вдоль петли. На примере события 5 июля 2012 г. показано, что нетепловые электроны могут быть ответственны не только за сантиметровый колоколообразный спектр излучения, генерируемого в корональной части петли, но и за растущий миллиметровый, формируемый в хромосфере.

## Микроволновое излучение вспышечной петли при наличии турбулентности вистлеров

*Мельников В. Ф.<sup>1</sup>, Филатов Л. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

*v.melnikov@gao.spb.ru*

Рассмотрено влияние вистлеров на распределение и гиротронное излучение быстрых электронов, инжектированных в корональную магнитную ловушку. Для неоднородной ловушки решается кинетическое уравнение в приближении Фоккера-Планка, учитывающее рассеяние быстрых электронов, как на частицах фоновой плазмы, так и на вистлерах в ней. Предполагается, что источником вистлеров является процесс нестационарного вспышечного энерговыделения. По найденному распределению быстрых электронов рассчитывается их гиротронное микроволновое излучение. Проводится сравнение влияния эффектов рассеяния нетепловых электронов на вистлерах и частицах плазмы на характеристики этого излучения. Показано, что при определенной плотности энергии вистлеры значительно изменяют характеристики излучения петли, в частности, приводят к более крутому частотному спектру. Это может быть использовано для микроволновой диагностики турбулентности плазмы во вспышечной петле.

## Моделирование хромосферного излучения активных областей и сравнение с результатами наблюдений

*Тлатова К. А.<sup>1</sup>, Лукичева М. А.<sup>2</sup>, Смирнова В. В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>3</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*k.tlatova@mail.ru*

В докладе представлены результаты моделирования хромосферного излучения активных областей с использованием современной интерактивной системы трёхмерного моделирования GX Simulator. Синтезированные карты яркостной температуры и степени поляризации сравниваются с результатами наблюдений радиоинтерферометров Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) и Nobeyama Radioheliograph (NoRH).

## Солнечный ветер и его связь с эволюцией корональных дыр и активностью Солнца

*Цап Ю. Т.<sup>1,2</sup>, Абраменко В. И.<sup>1</sup>, Малащук В. И.<sup>1</sup>, Борисенко А. В.<sup>1</sup>, Ахтемов З. С.<sup>1</sup>, Андреева О. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*yur\_crao@mail.ru*

Исследована связь скорости солнечного ветра  $V$  с эволюцией крупномасштабной долгоживущей корональной дыры, наблюдавшейся с 2160 по 2190 кэррингтоновский оборот (2015–2017 гг.) на БСТ-2 КРАО РАН (HeI 10830Å), SDO/AIA (193Å) и ACE/SWEPAM. Обнаружена зависимость между  $V$  и конфигурацией магнитного поля, рассчитанного для всего диска Солнца в потенциальном приближении по данным магнитограмм SDO/HMI. Показано, что наблюдаемое увеличение скорости  $V$  с ростом площади корональных дыр можно объяснить различным вкладом быстрой и медленной компоненты солнечного ветра, ускоряемого соответственно в областях с преобладанием открытой и закрытой конфигурацией магнитного поля. Обсуждаются следствия полученных результатов.



## Гигантская корональная дыра 2015 – 2017 гг. I. Изменение площади и интенсивности

*Андреева О. А., Малащук В. М., Ахтемов З. С., Жигалкин Р. К.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*olga@craocrimea.ru*

Во второй половине 24 цикла продолжительное время на диске Солнца наблюдалась гигантская корональная дыра (ГКД). Время её существования – 24 Керрингтоновских оборота (июнь 2015 – март 2017 гг.). В работе были исследованы вариации характеристик (площади и интенсивности) ГКД в процессе её эволюции на 3-х высотах атмосферы Солнца. Исследования базируются на наземных и космических наблюдениях.

Показано:

- рост площади с момента зарождения ГКД составляет 8 Керрингтоновских оборотов, 11 оборотов площадь ГКД остается неизменной, с небольшими флуктуациями и 5 оборотов проходит от уменьшения площади ГКД до её исчезновения.
- с середины 2015 года по март 2017 года изменения площади ГКД происходят почти синхронно на разных высотах в границах магнитного поля, определенных на уровне фотосферы (по линии  $6173\text{\AA}$ ).
- уменьшение яркости в линии He I хорошо коррелирует с увеличением яркости в линии Fe XII
- сопоставление границ ГКД в наблюдаемых линиях хорошо согласуется с границами ГКД, ограниченными силовыми линиями, полученными из потенциальной модели магнитного поля.

Потенциальное магнитное поле вычислялось с помощью пакета программ SolarSoft PFSS (Potential Source Surface) для соответствующих высот образования линий He I (2000 км) и Fe XII (70000 км).

Результаты этих исследований будут использованы нами далее для сопоставления с параметрами солнечного ветра и дальнейшего изучения влияния на околоземную космическую погоду.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ и МОН Крыма №16-42-910467 р\_а.

## Гигантская корональная дыра 2015 - 2017 гг. II. Магнитное поле и связь с активными образованиями и вспышками

*Ахтемов З. С., Перебейнос В. А., Штерцер Н. И.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*azis@craocrimea.ru*

Проведены исследования эволюции долгоживущей корональной дыры 2015 – 2017 гг. на основе ультрафиолетовых наблюдений SDO/AIA и данных магнитограмм SDO/HMI, полученные в линии Fe I 617.3 нм. С помощью пакета программ SolarSoft PFSS в рамках потенциального приближения рассчитано магнитное поле активных образований и корональной дыры до высот  $(0 : -1.5) R_{\odot}$  от уровня фотосферы Солнца. Обнаружено, что в области корональной дыры существуют фотосферные вкрапления разной полярности. По мере увеличения высоты конфигурация магнитного поля корональной дыры становится более униполярной и открытой. Определены высоты, на которых вкладом магнитного поля биполярных областей можно пренебречь. Обсуждается связь между активностью Солнца, площадью корональной дыры и генерацией солнечного ветра.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №16-42-910467 р\_а.

## Сравнение альтернативных моделей зебра-структуры в солнечном радиоизлучении

*Чернов Г. П.<sup>1</sup>, Фомичев В. В.<sup>1</sup>, Сыч Р. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН

*gchernov@izmiran.ru*

В литературе продолжается дискуссия о природе зебра-структуры (полос в излучении и поглощении на динамических спектрах радиовсплесков IV типа), несмотря на десяток предложенных моделей. Прежде всего это связано с большим разнообразием полос в каждом новом явлении, когда становится невозможным объяснение всех тонких деталей каким либо одним механизмом. Наиболее распространенным объяснением считается излучение на различных уровнях двойного плазменного резонанса (ДПР), где верхняя гибридная частота ( $\omega UH$ ) становится равной целому числу электронных циклотронных гармоник  $s\omega_{Be}$ :  $\omega UH = (\omega_{Pe}^2 + \omega_{Be}^2)^{1/2} = s\omega_{Be}$ .

Одним из важных альтернативных механизмов можно считать взаимодействие плазменных волн с вистлерами:  $l + w \rightarrow t$ . Здесь на примере явления 1 августа 2010 г. со сложной зебра-структурой и радиоволокнами (fiber bursts) и нескольких других радиовсплесков IV типа будет показана возможность объяснения основных особенностей полос зебры в рамках единой модели зебра-структуры и радиоволокон при взаимодействии плазменных волн с вистлерами. Общие свойства тонкой структуры радиоизлучения (знак и степень круговой поляризации, разнообразные сочетания зебра-структуры и радиоволокон, пульсирующий характер на динамическом спектре) обычно связаны с динамикой вспышечного процесса. Основные изменения полос спорадической зебра-структуры вызываются механизмом рассеяния быстрых частиц на вистлерах, приводящим к переключению неустойчивости вистлеров с нормального эффекта Доплера на аномальный. Переключение неустойчивости вистлеров с разворотом групповой скорости вистлеров должно сопровождаться синхронным изменением направления частотного дрейфа полос зебра-структуры на спектре с изменением направления пространственного дрейфа их радиоисточников. В модели с вистлерами сверхтонкая структура полос зебры миллисекундной длительности находит объяснение в рамках пульсирующего режима взаимодействия вистлеров с ионно-звуковыми волнами. Узкополосные цепочки (жгуты) радиоволокон связываются с периодической неустойчивостью вистлеров между фронтами быстрых ударных волн в области магнитного пересоединения. Все рассмотренные особенности явлений представляют проблемы для объяснения в рамках механизма на ДПР.

## Наблюдательные проявления циклотронного излучения и моделирование атмосферы активных областей по многоволновым наблюдениям на РАТАН-600

*Богод В. М.<sup>1,2</sup>, Кальтман Т. И.<sup>1</sup>, Стороженко А. А.<sup>1</sup>, Ступишин А. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*vbog\_spb@mail.ru*

Широкодиапазонные спектральные (1%) и поляризационные наблюдения с умеренным пространственным разрешением (15 сек. дуги) по одной координате на радиотелескопе с большой эффективной площадью РАТАН-600 являются весьма информативными для исследования структуры солнечной атмосферы на корональных высотах.

В сантиметровом диапазоне спектры циклотронного излучения показывают тонкие особенности, такие как выход в область корональных температур 4, 3 и 2 гармоник гирочастоты, опускание из короны в область хромосферных температур 3 и 2 гармоник гирочастоты, изломы в широкодиапазонном радиочастотном спектре, используемые как маркеры для оценок коронального магнитного поля в активной области (АО). Разработан метод диагностики параметров солнечной атмосферы, основанный на реконструкции фотосферного магнитного поля, модельных расчетах радиоизлучения и их сопоставлений с наблюдаемыми спектрами излучения АО. Спектрально-поляризационные данные используются в методе многоволновой радио стереоскопии для построения высотного профиля коронального магнитного поля по изменениям высотных проекций стабильных АО при их перемещении по диску Солнца.

В дециметровом диапазоне спектрально-поляризационные наблюдения используются для определения напряженности магнитного поля в областях генерации микровсплесков на основе модели, связанной с двойным плазменным резонансом и на основе расчетов максимальных инкрементов верхнегибридных волн.

Рассматриваются также возможности повышения временного разрешения при проведении многоволновых наблюдений на РАТАН-600 для изучения динамических явлений в магнитосфере активной области.

## Особенности МГД взаимодействий структур с постоянным давлением типа магнитных дыр с магнитосферой Земли

Гриб С. А.<sup>1</sup>, Леора С. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*leora2008@mail.ru*

В рамках магнитной гидродинамики (МГД) исследуется взаимодействие структур постоянного давления типа магнитных дыр с ударными волнами солнечного ветра и со стационарной головной ударной волной с последующим проникновением их в магнитослой перед магнитосферой Земли. Столкновение границ плазменных структур с головной ударной волной решается как задача о распаде произвольного разрыва.

Демонстрируются различные модели формирования провалов магнитного поля в магнитослое. Обращается внимание на возникновение плазменной структуры типа плато внутри магнитослоя и на изменение конфигурации магнитной дыры, или диамагнитного плазмоида, при преломлении из потока солнечного ветра в магнитослой.

Рассматриваются также некоторые эффекты, связанные со взаимодействием ударных волн солнечного ветра с головной ударной волной Земли. В частности, показано, что при угле падения ударной волны, большем критического, возникает нерегулярное взаимодействие преломленной в магнитослой ударной волны с магнитопаузой, представляемой тангенциальным разрывом, с появлением наблюдаемой непосредственно на космическом аппарате комбинированной волны Маха. Предполагается, что стационарные разрывы типа контактного и тангенциального могут переходить из одного вида в другой.

Данные спутников подтверждают наличие подобных структур в солнечном ветре как перед магнитосферой Земли, так и в магнитослое перед планетой Меркурий.

## Общее магнитное поле по измерениям в КрАО за 1968 – 2016 гг.

Котов В. А., Ханейчук В. И.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*han@crao.crimea.ru*

Общее магнитное поле (ОМП) фотосферы Солнца-как-звезды измеряется в КрАО с 1968 г. Анализируются новые измерения, выполненные в 2004 – 2016 гг. по спектральной линии поглощения Fe I  $\lambda 525.0$  нм (1475 суточных значений). В сумме, за 49 лет, крымский каталог содержит 3736 значений ОМП, представляющих интерес для изучения магнитной переменности Солнца, его вращения и циклов активности. Обращается внимание на значительные различия напряжённостей ОМП, измеренных практически одновременно в КрАО и Стэнфорде, а также в КрАО по двум линиям нейтрального железа,  $\lambda 525.0$  и  $\lambda 524.7$  нм (с факторами Ланде 3 и 2 соответственно). Обсуждаются возможные причины расхождений.

## Пульсации Солнца по наблюдениям за 1974 – 2016 гг.

Котов В. А., Ханейчук В. И.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*han@crao.crimea.ru*

Измерения лучевой скорости фотосферы Солнца, выполненные в КрАО за 2449 дней (в сумме 14558 ч.), показали, что в 1974 – 2016 гг. оно пульсировало с двумя периодами:  $P_0 = 9600.606(12)$  с и  $P_1 = 9597.930(14)$  с. Если колебание  $P_0$  наблюдалось только первые 9 лет, то  $P_1$  – почти все 43 года, и с сохранением начальной фазы. Указано, что биения двух колебаний происходят с периодом  $398.5(2.7)$  сут, совпадающим в пределах ошибки с синодическим периодом Юпитера  $398.9$  сут.

Природа глобальных колебаний не установлена, но предполагается, что колебание  $P_0$  – космологическое, поскольку такой же период был обнаружен в вариациях блеска некоторых активных ядер галактик, в распределении периодов звёзд типа  $\delta$  Щита, тесных двойных и эллипсоидальных двойных, осевого вращения солнечных планет и крупных астероидов, а также планетных орбит солнечной системы. Возможно, этот период отражает слабые колебания гравитационной постоянной. Он входит в уравнения, которые связывают вместе выражения для энергий трёх фундаментальных сил природы: электромагнитной, гравитационной и слабой.

## Генерация волн магнитного поля в небесных телах от пространственно разделенных источников

*Попова Е. П.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ

<sup>2</sup>Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН

*popovaelp@mail.ru*

Для плоского слоя аналитически показано, что в случае пространственно разделенных источников генерации магнитного поля в небесном теле возникают волны с разными частотами, зависящими от физических параметров источников («динамо-чисел»). Каждая из волн при этом в основном взаимодействует со своим источником, а степень взаимного перекрытия волн уменьшается с увеличением расстояния между источниками. В работе были сделаны оценки физических параметров источников динамо для конвективной зоны Солнца.

## Магнитное Солнце и ритм 13.5 суток

*Котов В. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*vkotov@crao.crimea.ru*

Почти полвека в КраО измерялось общее магнитное поле Солнца – уникальный эксперимент, поддержанный другими обсерваториями (в 1968 – 2016 гг. сделано более 26 тыс. суточных измерений напряжённости продольного поля видимой солнечной полусферы). Оказалось, что поле изменялось с периодом  $P_S = 13.4577(25)$  сут. и амплитудой 0.12 Гс, игнорируя 11-летний цикл и дифференциальное вращение. Это заставляет считать «магнитную пульсацию»  $P_S$  основой солнечного секторного магнетизма.

Для объяснения рассмотрены медленные, с сидерическими периодами  $> 2$  сут., движения планет, от Меркурия до Плутона включительно, и Луны. С достоверностью  $5.4\sigma$  показано, что наилучший соизмеримый (синхронизирующий) период планетной системы,  $P_G = 13.4577(10)$  сут., совпадает с  $P_S$ . Выдвинута гипотеза, что резонанс «Солнце–система» вызван когерентными колебаниями гравитации.

## Нестабильность солнечно-земных связей

*Пустильник Л. А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Tel Aviv University

<sup>2</sup>Shamir Institute for Research

*levpust@post.tau.ac.il*

Солнечно-земные связи отличаются крайней нестабильностью, препятствующей созданию алгоритмов надежного и заблаговременного прогноза воздействия солнечной активности на Землю как на временах годы и десятилетия (цикл активности), так и на временах дни и часы (пятенная и вспышечная активность). Мы анализируем различные компоненты этой причинно-следственной цепочки учитывая нелинейный характер как динамо-процесса, так и собственно реакции земной магнитосферы и атмосферы. Мы указываем как на наличие принципиально скрытых факторов влияния в этих цепочках связей, действие которых способно время от времени выключать часть связей или даже менять их знак. Крайне важно, что для части элементов солнечно-земных связей характерен пороговый характер реакции, при котором при небольшом изменении управляющего параметра вся картина связей способна измениться радикально. Мы также указываем, что нелинейность характера динамо-процесса, всплывания полей из конвективной зоны, фазового состояния атмосферы и магнитосферы возможны состояния типа странного аттрактора, вносящие свою неопределенность в прогнозистические методы и снижающие их достоверность.

## Открытие явления депрессии полного потока излучения Солнца в периоды генерации релятивистских протонов солнечных космических лучей

*Авакян С. В.<sup>1,2</sup>, Никольский Г. А.<sup>3</sup>, Соловьёв А. А.<sup>4</sup>, Гапонов В. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Государственный Оптический Институт им. С. И. Вавилова

<sup>2</sup>Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>4</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*avak@soi.spb.ru*

Обнаружен надёжный критерий факта появления солнечных космических лучей (СКЛ) релятивистских энергий: явление антикорреляции величины потока СКЛ на уровне земной поверхности – GLE (Ground Level Enhancements или Ground Level Events) и значения TSI (Total Solar Irradiance), открытие которого состоялось недавно в ВНИЦ ГОИ им. С.И. Вавилова (Авакян и др., 2016). Явление носит фундаментальный характер для физики Солнца и солнечно-земных связей. Оно свидетельствует об уменьшении потока электромагнитного излучения атмосферы Солнца в периоды ускорения в ней релятивистских протонов. Возможно использовать эти данные, в совокупности с данными прямых измерений, для прогнозирования мощных солнечных событий (Avakyan et al., 2017). Уменьшения (до 0.3%) величины TSI в периоды наблюдения СКЛ-GLE сопровождалось падением потока в самой интенсивной линии EUV-спектра Солнца He II (30.4 нм) по данным космических экспериментов SOHO/SEM – SDO/SolACES о вариациях потока излучения Солнца.

При сопоставлении данных за 1983 – 2009 гг. по регистрации TSI с событиями прихода к Земле СКЛ-GLE обнаружено, что около 85% случаев релятивистских СКЛ приходится на спад величины TSI.

## Новая – супрамолекулярная парадигма физики солнечно-земных связей: климатологические и биофизические аспекты

*Авакян С. В.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Государственный Оптический Институт им. С. И. Вавилова

<sup>2</sup>Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики

*avak@soi.spb.ru*

Предложен учёт микроволнового излучения из ионосферы, возмущённой при повышении солнечно-геомагнитной активности, в регулировании как генерации кластеров при конденсации паров воды в тропосферной облачности, так и ассоциатов из молекул жидкой воды в живом организме (Авакян 2016, 2017). Тем самым вводится новая парадигма физики солнечно-земных связей при исследовании вариаций в погоде и климате, включая глобальное потепление, а также патологий здоровья человека.

Привлечены два известных процесса диссоциации и ассоциации сложных молекулярных образований с участием молекул воды для гипотезы о возможности управления содержанием кластерных положительных ионов потоком квантов микроволнового излучения, с возбуждением нейтрализующего ридберговского электрона в более высокое (по величине орбитального углового момента) состояние, когда орбита электрона не заходит в атомный остов:

1. столкновительная диссоциативная рекомбинация кластерных ионов;
2. ассоциация молекул воды, когда процесс идет через добавление протона к прародительским молекулам благодаря их высокому сродству к протону. Образующиеся положительные ионы нейтрализуются захватом электрона на ридберговскую орбиталь.

Эти процессы использованы для расчётов реальности вклада потока микроволн из ионосферы в тропосферную кластеризацию паров воды и для оценки вероятности образования ассоциатов в жидкости организма человека.

## Биологическое влияние космической погоды – пространственная организация?

*Владимирский Б. М.*

Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

*bvlad@yandex.ru*

Влияние космической погоды на биологические процессы в среде обитания реализуется в глобальном масштабе. Однако, для почти всех известных сейчас каналов ее воздействия: приземное ультрафиолетовое излучение в полосе длин волн 290 – 320 нм; электрическое поле атмосферы: геомагнитное поле; электромагнитные поля магнитосферного-ионосферного происхождения; приземная ионизирующая радиация; микроконцентрации активных химических соединений – существуют причины появления пространственных неоднородностей. В частности, для важнейшего электромагнитного канала различия в эффектах действия космической погоды от места к месту возникают из-за электрической неоднородности подстилающей поверхности – вследствие геологических разломов и других нарушений сплошности грунта. Хотя о вероятных различиях действия космического агента по земной поверхности предполагал еще А. Л. Чижевский, явление остается неизученным. О реальности пространственной неоднородности в действии электромагнитных полей (радиоволн) космического происхождения можно судить по косвенным данным: например, по влиянию магнитных бурь на эффективность «биолокации»; по существованию «геопатогенных» зон; по наличию корреляции с космической погодой поверхностной сейсмической активности и т.д. Проверить гипотезу Чижевского нетрудно, используя обычные гелиобиологические наблюдения – например, фиксируя время вызова скорой помощи, отмечать адрес пациента; записывая момент дорожно-транспортного происшествия, наносить на карту место данного инцидента.

# ПОСТЕРЫ

## Вклад внешних источников магнитного поля магнитосферы в изменения жесткостей геомагнитного обрезания космических лучей во время максимального снижения Dst-индекса в ноябре 2003 года в планетарном масштабе

*Вернова Е. С., Данилова О. А., Тясто М. И., Демина И. М.*

Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН  
*helena@EV13934.spb.edu*

Как известно, рост геомагнитной активности снижает пороговые жесткости космических лучей. В данной работе рассчитаны геомагнитные пороги в магнитном поле магнитосферы, описанном моделью Цыганенко Ts01 с учетом внешних источников поля и для поля, представленного только внутренними источниками с коэффициентами IGRF2000, интерполированными на 2003 год. Расчёты проведены по всей поверхности Земли по сетке  $5^\circ \times 15^\circ$ . Получено распределение жесткостей по всему Земному шару и произведено сравнение полученных результатов. Представлено снижение порогов, обусловленное учетом внешних источников поля. Произведена оценка их вклада в снижение порогов в пике очень сильной магнитной бури в ноябре 2003 г. при  $Dst = -422$  нТ. Показаны области наибольшего падения жесткостей обрезания.

## Дисбаланс положительных и отрицательных магнитных полей фотосферы

*Вернова Е. С.<sup>1</sup>, Тясто М. И.<sup>1</sup>, Баранов Д. Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН

<sup>2</sup>Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе

*helena@EV13934.spb.edu*

Проведено исследование дисбаланса потоков положительных и отрицательных магнитных полей фотосферы в зоне пятнообразования и на высоких широтах. Объединение данных двух приборов Национальной солнечной обсерватории Китт Пик KPVT и SOLIS позволило изучить изменение дисбаланса магнитных полей за 4 солнечных цикла (с 1976 по 2017 гг.). Рассмотрены дисбалансы положительных и отрицательных потоков для полей больших 50 Гс в зоне пятнообразования (от  $5^\circ$  до  $40^\circ$ ) и для полей меньших 50 Гс для высоких широт (от  $40^\circ$  до  $90^\circ$ ) отдельно для каждого полушария и для двух полушарий вместе. Показано, что имеется 22-летняя периодичность в изменении дисбаланса положительных и отрицательных магнитных потоков и эта периодичность сохраняется на протяжении четырёх солнечных циклов.

Для каждого полушария: Знак дисбаланса магнитных потоков для полей больших 50 Гс в зоне пятнообразования (от  $5^\circ$  до  $40^\circ$ ) изменяется в годы минимума солнечной активности, причем знак дисбаланса всегда совпадает со знаком лидирующего пятна в данной полусфере, который меняется согласно закону Хейла. Знак дисбаланса магнитных потоков для полей меньших 50 Гс для высоких широт (выше  $40^\circ$ ) совпадает со знаком полярного поля в данном полушарии.

Для обоих полушарий: Как в зоне пятен, так и на высоких широтах смена знака дисбаланса магнитных потоков происходит в годы переполосовки полярного поля. Однако в то время как для зоны пятен знак дисбаланса всегда совпадает со знаком полярного поля в северном полушарии, для высоких широт знак дисбаланса всегда совпадает со знаком полярного поля в южном полушарии. Полученные результаты свидетельствуют о наличии тесной связи между изменениями полярностей локальных и глобальных полей Солнца.

## Служба Солнца «KRIM» в радиодиапазоне

*Вольвач А. Е.<sup>1,2,3</sup>, Курбасов С. В.<sup>1</sup>, Самисько К. В.<sup>1</sup>, Самисько С. А.<sup>1</sup>, Якубовская И. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

*volvach@bk.ru*

Исследования активности ближайшей звезды – Солнца имеют как фундаментальный, так и прикладной аспекты. Возмущение, вызванное солнечной вспышкой, сопровождается генерацией радиоизлучения понижающейся частоты, воздействует на биосферу и влияет на качество работы многих устройств наземного и космического оборудования. Регулярные наблюдения радиоизлучения Солнца проводятся Мировой сетью станций радио Службы Солнца. На основе этих данных ежедневно публикуется список состоявшихся геоэффективных событий и краткосрочный прогноз их возможного появления.

Радиоастрономический диагностический комплекс, созданный на базе радиотелескопа РТ-22 и трёх малых радиотелескопов, интегрирован во Всемирную Службу мониторинга солнечной активности, которая включает 14 наземных станций в кооперации с орбитальными обсерваториями. Четыре робот-радиотелескопа КраО, объединенные в Службу Солнца «KRIM», ведут наблюдения Солнца в режиме мониторинга и алертов.

Служба Солнца «KRIM» состоит из робот-телескопов:

Радиотелескоп РТ-22. Оснащен поляриметрами на волны 2.0, 2.3, 2.8 и 3.5 см с регистрацией полной интенсивности и круговой поляризации радиоизлучения одновременно из одного направления.

Радиотелескоп РТ-2. Оснащен приемниками на длины волн: 2.0, 3.0 и 5.0 см.

Радиотелескоп РТ-3. Частоты наблюдений 2.5 ГГц и 2.85 ГГц (волны 12 см и 10.5 см).

Радиотелескоп РТ-М. Синфазная решетка из 160 элементов размером 4×4 метра на параллактической монтировке с электрическим приводом по часовому углу. Диаграмма направленности шириной 11°, частоты наблюдений 280 и 300 МГц (длина волны 1.07 и 1.0 м).

Одновременные наблюдения на четырёх инструментах, которые перекрывают диапазон длин волн от 8 мм до 1.07 м, дают возможность получать информацию для анализа процессов энерговыделения в атмосфере Солнца и краткосрочного прогноза солнечной активности. Данные радио мониторинга солнечной активности сохраняются в цифровом виде и выставляются на сайты мировой службы Солнца в реальном времени.



## Физические свойства полярной корональной дыры по наблюдениям максимальной фазы солнечного затмения 29.03.2006 на РАТАН-600 в сантиметровом диапазоне длин волн

*Голубчина О. А.<sup>1</sup>, Коржавин А. Н.<sup>1</sup>, Нижельский Н. А.<sup>2</sup>, Жеканис Г. В.<sup>2</sup>, Бурсов Н. Н.<sup>2</sup>,  
Цыбулёв П. Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической обсерватории РАН

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*golubchina\_olga@mail.ru*

В работе представлены физические характеристики полярной корональной дыры (КД), полученные по данным наблюдений максимальной фазы солнечного затмения 29.03.2006 г. на волнах 1.03 см, 1.38 см, 2.7 см, 6.2 см, 13.0 см, 30.7 см на радиотелескопе РАТАН-600 методом «эстафеты».

Основные результаты исследования полярной КД в период минимума солнечной активности 29.03.2006 г.:

1. Получены распределения яркостных температур полярной области солнечной атмосферы на расстояниях  $(1.005 - 2.0)R_c$  от центра оптического диска Солнца с интервалами, равными сотым долям радиуса Солнца ( $R_c$  – радиус оптического диска Солнца).
2. Распределения яркостных температур с расстоянием от  $R_c$  до  $2R_c$  отчётливо показывают резкое падение яркостных температур на масштабах, равных сотым долям  $R_c$  от лимба Солнца, на волнах 13 см и 30.7 см, что свидетельствует о регистрации полярной корональной дыры над северным полюсом Солнца.
3. На волнах 1.03 см, 1.38 см, 2.7 см резкого падения в распределениях яркостных температур не обнаружено, т.е. присутствие КД над северным полюсом Солнца на коротких волнах не зарегистрировано.
4. Совпадение яркостных температур сантиметрового диапазона (6–32) см крупных низкоширотных КД, наблюдавшихся на радиотелескопах БПР и РАТАН-600 в период минимальной солнечной активности (1973–1976 гг., 1984–1987 гг.), и полярной КД вблизи лимба Солнца (29.03.2006 г., РАТАН-600) свидетельствует об идентичности температурных свойств КД независимо от места их расположения на Солнце, а следовательно, и от способа их организации в период минимума солнечной активности.
5. Полученное распределение электронной концентрации на расстояниях от лимба Солнца до двух радиусов Солнца по данным измерений на волнах 1.03 см, 1.38 см близко к распределению электронной концентрации, полученному усреднением результатов многочисленных наблюдений различных авторов в белом свете в эпоху минимальной солнечной активности и приведённому в литературе.

## НЛТР содержание меди в атмосфере Солнца

*Коротин С. А.<sup>1</sup>, Жукова А. В.*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*serkor1@mail.ru*

Мы использовали для построения модели атома меди 116 уровня Cu I и 14 уровней Cu II. Каждый LS мультиплет рассматривался как одиночный терм. Тонкая структура уровней принималась во внимание для уровней  $4s^2\ ^2D$ ,  $4p\ ^2P^0$  и  $4d\ ^2D$ , которые тесно связаны с важнейшими переходами в атоме меди.

Рассматривались 486 радиативных переходов между первыми 59 уровнями Cu I и основным уровнем Cu II. Для всех переходов были учтены параметры уширения: естественное затухание, эффект Штарка, Ван-дер-Ваальса и микротурбулентная скорость.

Ударные скорости описывались формулами Ситона (1962), Режемортера (1962), Аллена (1973). Для 30 переходов между низколежащими уровнями мы использовали ударные скорости, приведенные в базе данных ADAS. Неупругие столкновения с водородом учитывались с помощью формулы Дравина (1968, 1969).

Две резонансные линии меди 3247 и 3279 Å, лежащие в ближней УФ области, в спектре Солнца слишком сильны. Проведение континуума в этой области затруднительно. Субординатные линии меди, более удобные для определения содержания элемента, расположены в видимой (5105, 5153, 5218, 5220, 5700, 5782 Å) и ближней ИК области (7933, 8092 Å). Для всех этих линии существенную роль играет сверхтонкое расщепление уровней.

Так как сильные линии меди образуются высоко в атмосфере, то для проверки модели применялась модель атмосферы Солнца Каstellли-Куруца в сочетании с моделью хромосферы VAL-C (1981) с соответствующим распределением микротурбулентной скорости. Наблюдательные профили линий брались из атласа спектра Солнца как звезды (Kucisz et al. 1984). Все профили линий удалось описать, используя метеоритное содержание меди  $[Cu/H] = 4.25$ .

## Пульсации Солнца и движение экзопланет

*Котов В. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*vkotov@craocrimea.ru*

Случайны ли скорости экзопланет? Рассмотрены быстрые, с периодами  $< 2$  сут., движения 221 экзопланеты и найдено, что значительная их доля обращается с периодами, кратными  $P_E$  и/или  $2P_E/\pi$ , где  $P_E = 9603(85)$  с – резонансный период, совпадающий с периодом космического колебания  $P_0 = 9600.606(12)$  с. Значимость резонанса 99.93%.

Впервые период  $P_0$  был открыт у Солнца, затем в вариациях блеска некоторых активных ядер галактик, в распределениях периодов звёзд типа  $\delta$  Щита, тесных двойных и эллипсоидальных двойных, осевого вращения солнечных планет и крупных астероидов, а также планетных орбит солнечной системы (при скорости света  $c = 1$ ). Природа  $P_0$ -резонанса экзопланет неизвестна, но предполагается, что она связана со слабыми космологическими колебаниями гравитационной постоянной.

## Исследование связи источников пульсаций жёсткого рентгеновского излучения с магнитными полями и электрическими токами во вспышечных областях на Солнце

*Кузнецов С. А.<sup>1</sup>, Зимовец И. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт космических исследований РАН

*kuznetsov.sergey.a@yandex.ru*

Представлены результаты анализа динамики источников пульсаций жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек не только от пульсации к пульсации, как было выполнено в работе [Kuznetsov et al., Solar Phys., 2016], но и от минимума к максимуму и от максимума к минимуму внутри отдельных пульсаций. Получены результаты оценки величины магнитного поля по данным магнитографов MDI/SOHO и HMI/SDO для пространственных участков, соответствующих положениям источников отдельных пульсаций жёсткого рентгеновского излучения. Получены изображения вспышечных областей на Солнце в диапазоне ЭУФ- и УФ излучения по данным наблюдений солнечного телескопа AIA/SDO. Проведено сопоставление положений источников пульсаций вспышечного ЖР излучения с основаниями ультрафиолетовых петель и вспышечных лент. Обнаружено хорошее соответствие положений во вспышечной области этих объектов. Также проведены расчеты вертикальной компоненты электрического тока во вспышечных областях под рентгеновскими источниками. Получены наблюдательные подтверждения в пользу значительности эруптивных явлений в процессах генерации пульсаций жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек. Обсуждаются найденные наблюдательные закономерности.

## Классификационные схемы потоков солнечного ветра

*Лукашенко А. Т.<sup>1</sup>, Веселовский И. С.<sup>1,2</sup>, Капорцева К. Б.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ

<sup>2</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>3</sup>Физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

*a\_lu@mail.ru*

С конца июля 2016 г. доступны данные высокого временного разрешения с нового спутника DSCOVR, запущенного в точку Лагранжа L1. Представлена основанная на этих данных бинарная классификация типов солнечного ветра по трём главным гидродинамическим параметрам: скорости, температуре и плотности. При этом выделяются восемь типов солнечного ветра: быстрый-горячий-плотный, быстрый-горячий-разреженный, быстрый-холодный-плотный, быстрый-холодный-разреженный, медленный-горячий-плотный, медленный-горячий-разреженный, медленный-холодный-плотный, медленный-холодный-разреженный. Эти типы встречаются с различной частотой и возникают вследствие разных проявлений солнечной активности. Повышенный интерес представляют такие потоки солнечного ветра, в которых отличия параметров от средних достигают экстремальных значений. Описанную классификацию можно дополнить посредством учёта магнитного поля, введя в рассмотрение параметр «бета».

## Влияние эффекта квазипоперечного распространения на точность определения параметров солнечных вспышечных петель методом прямой подгонки

*Моргачев А. С.<sup>1,2</sup>, Мельников В. Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*a.s.morgachev@mail.ru*

В работах Fleishman et.al. (2009) и Morgachev et.al. (2014) разработаны методы определения физических параметров в солнечных вспышечных петлях, которые позволяют восстанавливать напряженность и направление магнитного поля, концентрацию и спектр нетепловых электронов, параметры их пичч-углового распределения, плотность фоновой плазмы. Данные методы основаны на алгоритмах прямой подгонки теоретически рассчитанных характеристик микроволнового радиоизлучения (потока и степени круговой поляризации) под наблюдаемые. Однако авторы указанных работ не учитывали влияния среды на пути распространения волны на наблюдаемое телескопами микроволновое излучение. Как известно, над вспышечными петлями в солнечной атмосфере могут сформироваться условия, при которых возникает эффект взаимодействия мод электромагнитных волн (эффект квазипоперечного распространения) (Su & Huang, 2004). Это приводит к изменению наблюдаемой степени круговой поляризации излучения в некотором диапазоне частот. Таким образом, эффект квазипоперечного распространения (КПР) с одной стороны может привести к ошибкам при определении параметров вспышечных петель, с другой стороны теоретически позволяет проводить диагностику среды вдоль луча зрения вне петли. В данной работе смоделировано микроволновое излучение вспышечного радиоисточника, и исследуется влияние эффекта взаимодействия мод на точность восстановления его параметров методом прямой подгонки. Обсуждаются возможности определения параметров магнитного поля и плазмы вне вспышечной петли на основе анализа изменения поляризации наблюдаемого микроволнового излучения вследствие эффекта КПР.

## Горизонтальные электрические токи в активной области: возможности оценки и динамические характеристики

*Фурсяк Ю. А.<sup>1</sup>, Абраменко В. И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*yuriy\_fursyak@mail.ru*

Электрические токи на уровне фотосферы Солнца несут значимую информацию о перестройках магнитных полей, динамике и вспышечной эволюции активной области. Но прямых методов для расчёта поперечных электрических токов в наше время не существует, поскольку для таких вычислений необходима информация о векторе поля сразу на нескольких уровнях, чего пока не могут обеспечить современные солнечные телескопы. В данной работе представлена достаточно простая методика расчёта величины квадрата плотности поперечного электрического тока в фотосфере активной области по магнитограммам  $B_z$  компоненты магнитного поля. Полученная в рамках данной работы оценка горизонтальных токов хорошо согласуется с результатами, полученными в более ранних работах по данной тематике.

Работа выполнена при частичной поддержке грантами РФФИ 16-02-00221А, 16-42-910493р-а и 17-02-00049.

## Солнцетрясения – наблюдения и механизмы их развития

*Цан Ю. Т.<sup>1</sup>, Григорьева И. Ю.<sup>2</sup>, Лившиц М. А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН

*yur\_crao@mail.ru*

После первой надёжной регистрации (Kosovichev et al., 1998) возникновения и распространения сейсмической волны в фотосфере, обсуждаются два наиболее вероятных механизма такого солнцетрясения – sunquake (SQ). Первый связан с динамическим откликом атмосферы на импульсный нагрев ускоренными электронами, второй – с резким изменением угла наклона магнитного поля вблизи нейтральной линии. Вследствие действия силы Лоренца альвеновская волна распространяется вниз и формирует там источник акустического сигнала (Russell-Hudson, 2016). Мы по оригинальным данным и литературе изучили 30 SQ и показали, что нет разделения событий на изолированные классы, а оба механизма реализуются одновременно. При этом в первом с точностью до 1–2 мин. совпадают времена регистрации SQ и основного максимума HXR. Влияние второго механизма существеннее в некоторых более слабых событиях, особенно при вспышке нового магнитного поля. Так во вспышке M6.3 09.03.12 предполагалось, что воздействие на фотосферу произошло на 10 мин. ранее главного HXR-максимума. Но в ней раньше этого максимума виден доплеровский сигнал, совпавший по времени с повышением SXR, что отражает появление небольшого облака горячей плазмы над выплывшей закрученной магнитной трубкой. Сдвиговые движения образуют зародыш сигмоидной вспышки (Hood et al., 2010). Во многих случаях с SQ, как и в изученном Лившицем и др. (2016) 10.05.12, подобие маленького сигмоида заметно по магнитным данным. Большой сигмоид возникает лишь в особых АО и при слабом ударе. Развитие таких вспышек, по-видимому, связано с неустойчивостью горячей плазмы в магнитной ловушке типа тора.

## О прогнозе скорости корональных выбросов массы по радионаблюдениям

*Цан Ю. Т.<sup>1,2</sup>, Исаева Е. А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Радиоастрономический институт НАНУ

*yur\_crao@mail.ru*

Корональные выбросы массы (КВМ) оказывают заметное влияние на космическую погоду и геомагнитное поле земли. Для их изучения используют изображения, полученные на коронографах. Однако КВМ хорошо видны только в плоскости неба. Вследствие этого измерение скоростей  $V_{cme}$  для КВМ, распространяющихся в направлении наблюдателя, становятся проблематичным. Между тем анализ микроволнового магнитотормозного излучения солнечных вспышек может быть использован для прогнозирования значений  $V_{cme}$ . Кроме того, не следует также исключать наличие тесной связи между скоростями ударных волн и КВМ.

При проведении статистических исследований мы исходили из спектральных микроволновых потоков  $F_{\mu}$  на частоте 8.8 ГГц, полученных для 124 солнечных протонных событий с помощью Службы Солнца ВВС США RSTN (Radio Solar Telescope Network). Было установлено, что коэффициент корреляции  $r$  достигает 0.8 для  $V_{cme}$  и интегральных потоков микроволнового излучения  $\int F_{\mu} dt$ , однако не превышает 0.36 для  $V_{cme}$  и скорости ударных волн. Обнаружена заметная корреляция (0.66) между скоростью роста микроволнового излучения и темпом замедления дрейфа радиовсплесков II типа в диапазоне 25–180 МГц. Полученные результаты предполагают, что микроволновые наблюдения могут быть использованы для прогнозирования скоростей  $V_{cme}$ , а сами КВМ не приводят к эффективной генерации ударных волн в короне Солнца.

## О распространении поперечных волн в нижней атмосфере Солнца

Цан Ю. Т.<sup>1,2</sup>, Копылова Ю. Г.<sup>2</sup>, Степанов А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*yur\_crao@mail.ru*

Рассмотрены различные методы описания линейных поперечных мод в тонких магнитных трубках. Проведен сравнительный анализ модели, основанной на разложении возмущенных и равновесных величин в ряды Тейлора и Лорана внутри и снаружи магнитной трубки соответственно, предложенный Лопиным и др. (2013, 2014), и модели упругой нити, разработанной Спруитом (1981). Показано, что учёт радиальной компоненты равновесного магнитного поля трубки, как это следует из работы Лопина и др. (2014), не является причиной расхождения дисперсионных свойств поперечных мод, полученных разными методами. Сделан вывод о необходимости пересмотра феноменологического подхода, предложенного Спруитом (1981).

## Lasco (SoHO mission) observations of galactic cosmic ray spallation reactions

*Koutchmy S., Tavabi E.*

Institut d'Astrophysique de Paris, France

It is well known that Lasco coronagraphs are very sensitive to the detection and imaging of *Solar Energetic Particles* in the MeV to GeV range at time of big flares. Higher of energy particles in the TeV and more energy range are today called *cosmic rays (CRs)*. They are usually registered at ground-based using different methods without being capable to point out what are the sources. Super-Novae explosions and their remnants, neutron stars activity, super-flares on O-type massive stars and/or the center of our galaxy active black hole were suggested to be the origin of Galactic CRs. Extremely high energetic CRs are of extragalactic origin but they are very few.

We report on observation of *Galactic CRs (GCRs)* revealed by images of nuclear reactions also called *spallation* events. A 1<sup>st</sup> event was revealed on Nov. 29, 2015 using a unique C3 coronagraph routine image and we call it the “ *pierre de Rosette*” of outer space signatures of GCRs. The resulting image is analyzed including different converging linear “tracks” towards a single pixel over-exposed bright site revealed inside the *silicon* CCD chip. No flare reported on the Sun at that time and no signature of optical debris.

We discuss several similar cases we discovered after using the whole set of Lasco (SoHO mission) coronagraph images from both C3 and C2 instruments. From a simple probabilistic evaluation we found the responsible for these events typical energy of particles (p+) is in the TeV (and higher) range. We conclude on the definite galactic origin of the particles and point out to the interesting consequences of this discovery.

## Solar Corona Polar Tornado

*Koutchmy S.<sup>1</sup>, Tavabi E.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup>Institut d'Astrophysique de Paris, France

<sup>2</sup>Physics Department, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

Multi-wavelength observations help to discriminate the fundamental differences for the ejection mechanism of the hot and cool plasma in the corona. We use the Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on-board the Solar Dynamics Observatory unprecedented temporal and spatial resolving power for a wide range of wavelengths to understand more about the origin and the evolution of jets. The dynamical behavior of the jets in polar plumes (pp) is considered for the first time based on the simultaneously observed in space EUV hot and cool emission lines also observed in W-L at total eclipses. Their origin is linked to the dissipation of the small scale magnetic field emerging in polar regions and its interaction with the general solar magnetic field leading to the activity inside and around the coronal holes (C.H.). The EUV observation from a sequence of polar C.H. plumes with foot point jets shows evidence of longitudinal acceleration in the partial emissions of the 1.25 MK line of Fe XII at 193 Å. This series of event, occurring in the north C.H. on 10 July 2010, show new details better illustrated with a movie. The structures along the plume intermittently show a propagating outward velocity of about 140 km/s interpreted as an upwards propagating wave in the HeII 304 Å and the coronal 171 Å lines; a higher speeds in recorded in the hotter 193 Å lines (up to 1000 km/s). The ejection of the cold He II plasma is delayed compared to the hot 193 Å behavior: about 4 min in the lowest layer and by more than 12 min in the highest level. A time-slice diagram reveals that a large amount of fast ejected material originates from below the pp that we name the feet. Jets erupt along the plumes from a nearby area with twisty motions as evidenced using a movie in different AIA lines. The release of plasma materials in a hollow cylinder with quasi-parallel edge-enhanced walls is suggested to explain these Eruptions occurring successively although no regular periodicity is observed. Finally, the temporal and spatial relationship between the cool and hot components of the tornado-like ejection is discussed. It includes a helical or swirl motion with an untwisting mechanism possibly responsible for the launch and the acceleration of plasma similar to a tornado occurring along the pp. No evidence of pp providing a large amount of material for the fast wind is apparent, but the outwards perturbation of the presumably magnetic walls supports the suggestion that pp are rather cylinders with Alfvén waves running outwardly along their radially extended walls.

## V. ЗВЁЗДЫ И МЕЖЗВЁЗДНАЯ СРЕДА

## Поляриметрические наблюдения «протяжённых зелёных объектов» в линиях молекулы OH на длине волны 18 см

*Баяндина О. С.<sup>1</sup>, Вальтц И. Е.<sup>1</sup>, Куртц С. Е.<sup>2</sup>, Рудницкий Г. М.<sup>3</sup>, Шахворостова Н. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Центр радиоастрономии и астрофизики Мексиканского национального автономного университета, Мексика

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*bayandina@asc.rssi.ru*

Представлены результаты наблюдений на радиоинтерферометре VLA (США) и радиотелескопе NRT (Нансэ, Франция), выполненные для выборки из 20 источников EGO («Extended Green Objects» – области формирования массивных звёзд, идентифицированные на картах космического телескопа «Спитцер» в коротковолновом инфракрасном диапазоне и демонстрирующие, по данным наблюдений теплового излучения молекул, активные молекулярные потоки). Проведен анализ спектров мазеров OH, их пространственного распределения и структуры магнитных полей. В 60% источников мазеры OH на частотах 1665 и 1667 МГц обнаружены в пределах  $< 0.1''$  в районе центра биполярного потока. Обнаруженный в 90% источников градиент скоростей указывает на возможную ассоциацию мазеров OH с вращающимися дисками, которые наблюдались ранее в тепловых линиях молекул. Пространственно совпадающие зеэмановские пары были идентифицированы в 80% EGO – определённая по ним напряжённость магнитного поля варьируется в пределах от  $-11.9$  до  $+8.4$  мГс, что указывает на превалирование сильных магнитных полей в этом типе источников. Изменение направления магнитного поля в пределах конденсации OH обнаружено в четырёх источниках и интерпретируется как изменение направления магнитного поля на краях предполагаемых дисков, а плоскость вращения дисков в данных источниках, по нашим данным, перпендикулярна направлению выбросов.

## Радиальное распределение кислорода в Галактическом диске

*Мишуров Ю. Н., Ткаченко Р. В.*

Южный федеральный университет

*tkachenko.roman.v@gmail.com*

Новые обширные данные о содержании кислорода в цефеидах поставили перед исследователями проблему объяснения важных особенностей в радиальном распределении кислорода в Галактике. Будучи яркими, цефеиды видны на больших расстояниях и расстояния до них измеряются с хорошей точностью. Кроме того, для них удастся получить надежные спектры звёзд и найти относительное содержание кислорода. Вследствие их молодости, цефеиды дают обилие кислорода практически в той точке, где они родились.

Кислород выбран потому, что он производится в основном одним источником – т.н. сверхновыми второго типа, которые являются очень молодыми объектами, родившимися в спиральных рукавах и не успевших уйти от места, где они были рождены.

Новые данные показали, что распределение кислорода по галактическому радиусу не описывается постоянным отрицательным градиентом по всему галактическому диску. Его распределение во внутренней части галактики является убывающим, а вблизи Солнца оно оказывается примерно постоянным. За Солнцем распределение кислорода описывается опять спадающей функцией, на которую накладываются локальные возмущения в виде пониженной концентрации кислорода.

Для объяснения указанных особенностей в предлагаемой работе развита теория, согласно которой смена спадающего с расстоянием содержания кислорода на плоское плато связывается с влиянием т.н. коротационного резонанса, который располагается вблизи Солнца. Локальные особенности в распределении кислорода за пределами Солнечного круга связываются с потоками газа от других галактик.

В работе развит численный метод решения сформулированной задачи, реализованный в виде компьютерного кода. Для сравнения теоретических и наблюдаемых распределений разработан статистический метод, позволяющий определять свободные параметры теории.



## Зондирование космической плазмы радиоимпульсами пульсаров в проекте РадиоАстрон и межзвёздный интерферометр

Фадеев Е. Н.<sup>1</sup>, Андрианов А. С.<sup>1</sup>, Зуга В. А.<sup>1</sup>, Попов М. В.<sup>1</sup>, Рудницкий А. Г.<sup>1</sup>,  
Смирнова Т. В.<sup>2</sup>, Согласнов В. А.<sup>1</sup>, Шишов В. И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*fadeev@asc.rssi.ru*

Излучение пульсаров, проходящее через межзвёздную среду, рассеивается на её неоднородностях. В результате можно наблюдать мерцания – хаотическое усиление и ослабление излучения как во времени, так и по частоте. Изучение картины мерцаний позволяет сделать ряд выводов о распределении рассеивающего вещества вдоль пути распространения излучения.

В рамках научной программы наземно-космического интерферометра РадиоАстрон были исследованы пять пульсаров: В0823+26, В0834+06, В1237+25, В1929+10 и В2016+28. С помощью анализа амплитуды функции видности на различных наземных и наземно-космических базах был определён размер кружка рассеяния каждого пульсара, а изучение картины мерцаний позволило оценить полосу декорреляции и, как следствие, время рассеяния. Сравнение размера кружка рассеяния с временем рассеяния для каждого объекта, позволяет оценить расстояние до эффективного рассеивающего экрана.

Двумерное Фурье преобразование от динамических спектров (зависимость интенсивности излучения от времени и частоты) даёт также информацию о пространственном распределении неоднородностей вдоль луча зрения на пульсар. Во вторичных спектрах наличие эффективно рассеивающего экрана проявляется в виде т.н. параболических арок. В этих случаях по кривизне параболической арки были сделаны независимые оценки расстояния до этого экрана.

Сравнение результатов, полученных разными методами, позволяет делать выводы о корректности лежащих в их основании предположений.

Положение выявленных экранов сравнивается с реальными структурами в Галактике.

## Межзвёздный фуллерен $C_{60}^+$ : pro et contra

*Галазутдинов Г. А.*

Католический университет Севера, Чили

*runizag@gmail.com*

Лабораторные спектры молекулы  $C_{60}^+$  в газовой фазе, полученные группой проф. Майера (ун-т г.Базель, Швейцария) в 2015 году вызвали новый всплеск интереса к поискам этой гигантской молекулы в межзвёздной среде.

В докладе рассмотрены результаты последних исследований по данной проблеме. Обсуждаются проблемы отождествления межзвёздных линий.

## Быстрая переменность мазеров ОН в источниках W3, W49, W51 и W75

Госачинский И. В.<sup>1</sup>, Гренков С. А.<sup>2</sup>, Ипатов А. В.<sup>2</sup>, Рахимов И. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической обсерватории РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

*gosachinskij@mail.ru*

Представлены результаты поиска переменности излучения мазеров ОН на частоте 1665 МГц с характерными временами от минут до часов в четырёх источниках, которые были проведены на 32-м антенне обсерватории Светлое в 2015–2017 гг. В источнике W75 обнаружены по крайней мере четыре компонента спектра с лучевыми скоростями –4.5, +0.6, +5.2 и +5.4 км/с в обеих круговых поляризациях излучение которых менялось на несколько десятков процентов за время меньше часа. В источнике W51 излучение деталей спектра оказалось довольно стабильным. В источнике W49 переменных компонент оказалось три, на лучевых скоростях +17.1, +18.3 и +18.5 км/с в правой круговой поляризации. Наиболее странными оказались вариации интенсивности двух компонент источника W3 на лучевых скоростях –47.6 и –45.1 км/с впервые обнаруженные нами в 2013–2014 гг., имеющие почти синусоидальную форму с периодом около 24 часов, антикоррелированные в правой и левой круговой поляризации. Такие свойства излучения пока не имеют разумного объяснения.

## Наблюдения мегамазеров в проекте «Радиоастрон» и новый рекорд углового разрешения

*Алакоз А. В.<sup>1</sup>, Соболев А. М.<sup>2</sup>, Baan W. A.<sup>3</sup>, Moran J. M.<sup>4</sup>, Imai H.<sup>5</sup>, Henkel C.<sup>6</sup>, An T.<sup>7</sup>, Ellingsen S.<sup>8</sup>, McCallum J.<sup>8</sup>*

<sup>1</sup>Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>3</sup>ASTRON

<sup>4</sup>Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

<sup>5</sup>Kagoshima Univ.

<sup>6</sup>Max-Planck-Institut für Radioastronomie

<sup>7</sup>SHAO

<sup>8</sup>Univ. of Tasmania

*l-sha@yandex.ru*

Наземно-космический интерферометр «Радиоастрон» (РА) позволяет проводить наблюдения космических объектов с самым высоким угловым разрешением доступным на данный момент в астрономии. Космические мазеры в линии воды (22.235 ГГц) и линиях гидроксила (1.665 и 1.667 ГГц) являются одной из основных целей научной программы РА наряду с активными галактическими ядрами и пульсарами.

Мазеры на молекулах воды и гидроксила наблюдаются в областях звездообразования нашей и близлежащих галактик, в молекулярных оболочках звёзд поздних спектральных классов и в аккреционных дисках вокруг сверхмассивных чёрных дыр в других галактиках (т.н. мегамазеры).

В этом докладе представлены результаты интерферометрических наблюдений мегамазеров воды в дисках галактик NGC4258 и NGC3079 за период с 2013 по начало 2017 года. В обоих объектах удалось зарегистрировать излучение на базах, заметно превышающих диаметр Земли, при этом при наблюдениях мегамазера в галактике NGC4258 (M106) удалось достичь рекордного на текущий момент углового разрешения в  $\sim 8$  микросекунд дуги ( $\sim 60$  а.е. на расстоянии до NGC4258), что близко к предполагаемой толщине диска ( $\sim 5 - 12$  микросекунд дуги).

Наблюдения NGC4258 совместно с самым чувствительными наземными телескопами показывают, что на больших проекциях базы интерферометра (10–20 диаметров Земли) мазерное излучение на системной лучевой скорости начинает разрешаться на несколько спектральных деталей (групп деталей) с яркостной температурой, превышающей  $10^{14}$  К, при этом их поток составляет около 10 – 20 процентов от полного наблюдаемого потока. Это может указывать на наличие заметного вклада диффузной компоненты излучения, разрешаемой на больших проекциях баз. Это первые наблюдения с разрешением, соответствующим предполагаемым размерам отдельных мазерных пятен в аккреционном диске.

## Прецизионная спектроскопия межзвёздных молекул

*Лапинов А. В.<sup>1</sup>, Шарабакина С. А.<sup>1,2</sup>, Голубятников Г. Ю.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт прикладной физики РАН

<sup>2</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

*lapinov@appl.sci-nnov.ru; sharabakinasa@mail.ru; glb@appl.sci-nn*

При помощи созданного в ИПФ РАН субдоплеровского спектрометра выполнены высокоточные измерения спектров молекул, представляющих интерес для анализа физических условий в областях звездообразования, включая поиск возможных вариаций фундаментальных констант. В сравнении с результатами традиционной доплеровской спектроскопии измерения с провалом Лэмба не просто повысили точности измерений частот переходов на 1 – 3 порядка, но в ряде случаев позволили впервые измерить спин-вращательное расщепление за счёт электрического квадрупольного и магнито-дипольного взаимодействий. Приведены исследования сдвигов частот сверхтонкой структуры в зависимости от мощности излучения, а также влияния различных механизмов на ширину наблюдаемых линий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект No.16-02-00761). Участие в конференции поддержано грантом Российского научного фонда (проект No.17-12-01256).

## Поиск указаний на существование мелкомасштабных неоднородностей в плотных ядрах по профилям спектральных линий

Пирогов Л. Е.

Институт прикладной физики РАН

*pirogov@appl.sci-nnov.ru*

Молекулярные облака и их ядра неоднородны на различных масштабах. Анализируя степень гладкости наблюдаемых профилей молекулярных линий, можно получить указания на существование пространственно не разрешаемой неоднородной структуры. Если в диаграмму телескопа попадает большое количество неоднородностей с малым фактором объёмного заполнения, на профилях линий будут возникать флуктуации интенсивности за счёт флуктуаций числа неоднородностей, имеющих разные скорости. Измеряя параметры линии и стандартное отклонение остаточных флуктуаций интенсивности на профиле, можно в рамках определённой модели оценить физические параметры мелкомасштабной структуры. В докладе приводятся результаты наблюдений плотных ядер, связанных с известными областями образования звёзд большой массы, в различных молекулярных линиях, полученные с высоким отношением сигнал/шум в 2017 г. на телескопе OSO-20, а также полученные ранее на других инструментах. Вырезание низших гармоник спектров мощности от наблюдавшихся линий позволило обнаружить остаточные флуктуации интенсивности в диапазоне наблюдаемых профилей в ряде объектов, которые могут быть следствием мелкомасштабной неоднородной структуры. В рамках модели облака, состоящего из сферически-симметричных тепловых фрагментов с малым фактором объёмного заполнения, двигающихся друг относительно друга со случайными скоростями, получены оценки общего числа фрагментов в диаграмме телескопа, а также рассчитаны физические параметры фрагментов. Проводится обсуждение полученных результатов, также обсуждается применимость использованной модели к наблюдательным данным.

Наблюдения проведены за счет гранта РФФИ (проект 15-02-06098), обработка и анализ данных выполнены за счёт гранта Российского научного фонда (проект 17-12-01256).

## Исследование области звездообразования G192.76+00.10

*Рябухина О. Л.<sup>1,2</sup>, Зинченко И. И.<sup>1</sup>, Землянуха П. М.<sup>1</sup>, Samal M. R.<sup>3</sup>, Henkel C.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Институт прикладной физики РАН

<sup>2</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

<sup>3</sup>Aix-Marseille Université

<sup>4</sup>Max Planck Institute for Radio Astronomy

*ryabukhina@ipfran.ru*

В данной работе исследуются области повышенной концентрации межзвёздного газа – сгустки, в которых могут происходить процессы образования звёзд. Интересующий нас объект – волокнообразное инфракрасное тёмное облако G192.76+00.10, которое лежит во внешнем рукаве Галактики на расстоянии 1,7 кпк (Samal et al. 2015). Ниже приведён список рассматриваемых в работе линий:

Молекула, переход	Частота, ГГц	Телескоп
<sup>13</sup> CO (1-0)	110.20	Онсала 20 м, Швеция
<sup>13</sup> CO (2-1)	220.39	IRAM 30 м, Испания
<sup>13</sup> CO (3-2)	330.58	APEX 12 м, Чили
NH <sub>3</sub> (1,1)	23.69	Эффельсберг 100 м, Германия
NH <sub>3</sub> (2,2)	23.72	Эффельсберг 100 м, Германия

Используя данные по переходам <sup>13</sup>CO (1-0) и <sup>13</sup>CO (2-1), мы выделили сгустки и оценили их физические параметры – размеры, массы, гравитационную устойчивость. Массы сгустков лежат в пределах от 10 до 50  $M_{\odot}$ , размеры от 0.1 до 0.5 пк. Большая часть выделенных сгустков является гравитационно неустойчивой. Были определены размеры исследуемой области волокнообразного облака, средняя ширина  $\sim 1$  пк, длина  $\sim 9$  пк. Используя отношение интенсивностей разных переходов <sup>13</sup>CO, мы провели оценку концентрации газа  $\sim 10^4 - 10^5$  см<sup>-3</sup> (Van der Tak et al. 2007). По наблюдениям аммиака были оценены кинетическая температура облака  $\sim 15$  К и построены карты доплеровской скорости газа.

Работа поддерживалась грантом РФФИ (проект №17-12-01256) в части анализа спектральных данных, а также грантами РФФИ №15-02-06098 и №17-52-45020 в части подготовки и проведении наблюдений и первичной обработки данных.

## Исследования физических условий в тёмных облаках на дозвёздной стадии эволюции

*Шарабакина С. А.<sup>1,2</sup>, Лапинов А. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

<sup>2</sup>Институт прикладной физики РАН

*sharabakinas@mail.ru; lapinov@appl.sci-nnov.ru*

Приведены результаты анализа физических условий в тёмных облаках, находящихся на дозвёздной стадии эволюции. Наблюдения проводились в линиях большого числа молекул при помощи радиотелескопов диаметром 100-м в Эффельсберге, 45-м в Нобейма, 30-м Пико Велета, 20-м Онсала. Обсуждаются наблюдаемые эффекты, связанные с дифференциальным вращением источников, уменьшением кинетической температуры газа по направлению к центру, сопровождающимся вымораживанием молекул, ростом температуры к краю. Показано, что в некоторых случаях наблюдаемые различия в формах линий и пространственном распределении разных молекул могут свидетельствовать о зарождении биполярных истечений на стадии, когда протозвезда еще не сформирована. На основе высокоточных лабораторных и радиоастрономических измерений определены верхние пределы на возможные вариации отношения массы электрона к массе протона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект No.16-02-00761). Участие в конференции поддержано грантом Российского научного фонда (проект No.17-12-01256).

## Вертикальная структура межзвёздной среды в галактиках со звёздообразованием

*Шевченко М. Г.<sup>1</sup>, Васильев Е. О.<sup>1</sup>, Щекинов Ю. А.<sup>2</sup>, Пилипенко С. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Южный федеральный университет

<sup>2</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*mgshevchenko@gmail.com*

Рассмотрены процессы переноса газа множественными вспышками сверхновых из галактического диска. Получены зависимости эффективности переноса массы газа от значений шкалы высоты и скорости звёздообразования. Выявлены особенности распределения холодного ( $T < 10^3$  К) и горячего ( $T > 10^6$  К) газа. Проведен статистический анализ свойств холодных фрагментов. Рассчитаны поверхностные светимости галактического диска в рентгеновском диапазоне. Обсуждается связь эффективности переноса массы газа и эмиссионных характеристик в рентгеновском диапазоне.

## Sun-sized water vapor masers in Cepheus A

*Соболев А. М.<sup>1</sup>, Алакоз А. В.<sup>2</sup>, Moran J. M.<sup>3</sup>, Imai H.<sup>4</sup>, Gray M. D.<sup>5</sup>, Толмачев А. М.<sup>2</sup>,  
Самодуров В. А.<sup>2</sup>, Ладейщиков Д. А.<sup>1</sup>, Шахворостова Н. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>3</sup>Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

<sup>4</sup>Kagoshima University

<sup>5</sup>University of Manchester

*Andrej.Sobolev@urfu.ru*

We present the first VLBI observations of structure of water maser made with a very long base line interferometric array involving the RadioAstron earth-orbiting satellite station as one of its elements. We observed the masers in the star-forming region Cepheus A. We detected six distinct components with an unprecedented baseline of 3.3 Earth diameters, which gave a fringe spacing of 66 micro-arcseconds ( $\mu\text{as}$ ). We examined the profile of the  $0.6 \text{ km s}^{-1}$  feature in detail. In total power, it appears as a single Gaussian component of strength 580 Jy and width of  $0.7 \text{ km s}^{-1}$ . There is no difference in the profiles in right and left circular polarization, implying the longitudinal magnetic field component is weaker than 120 mG. The cross power spectrum shows two unresolved components smaller than  $15 \mu\text{as}$  separated by  $0.5 \text{ km s}^{-1}$  in velocity and separated by  $160 \mu\text{as}$ . The diameters of the components ( $15 \mu\text{as}$ ) correspond to a linear scale of  $1.6 \times 10^{11} \text{ cm}$ , about the diameter of the Sun. This is the smallest structure ever observed in a Galactic maser. The expected interstellar broadening along the path to Cepheus A is about  $7 \mu\text{as}$ , which may have a small effect on the angular size determination. These masers appear to be associated with the compact HII region HW3diii. The brightness temperatures are greater than about  $1 \times 10^{15} \text{ K}$ , and the line widths are  $0.5 \text{ km s}^{-1}$ , characteristic of a kinetic temperature of about 100 K. Different hypotheses on the nature of detected components are discussed. We conclude that most likely they represent turbulent eddies in the maser medium. This appears to be the first observation with resolution corresponding to the scale at which turbulence is dissipating.

## Влияние особенностей мелкомасштабного пространственного распределения пыли на химическую эволюцию межзвёздной диффузной среды

*Соколова В. А.<sup>1</sup>, Островский А. Б.<sup>1</sup>, Васюнин А. И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics

*sokolova.valeriie@gmail.com*

Атомарные и молекулярные диффузные облака являются важными объектами межзвёздной среды, поскольку считается, что они представляют собой промежуточный этап звёздообразования. Одной из важных проблем в изучении диффузной среды является задача формирования молекулярного водорода и объяснения его концентраций в среде. Более того, наблюдения показывают, что в диффузных облаках присутствуют молекулы, обилия которых превышают предсказанные и более характерны для холодной плотной среды. В рамках современных представлений о структуре диффузных облаков решение данных задач затруднительно. В последние годы методами теоретической физики было показано, что в диффузной и плотной среде присутствуют особого вида неустойчивости, приводящие к неоднородному распределению пыли по объёму облаков (Tsytovich, 2014). В работе анализируются особенности химической эволюции при использовании новой модели диффузной среды, включающей в себя «клампы» – маленькие ( $< 30 \text{ а.е.}$ ) холодные газо-пылевые облака, плотность среды в которых выше окружающей и температура газа равна температуре пыли. В рамках решаемой задачи проводилось моделирование диффузной среды в направлениях на объекты W49N, W31C и W51. Удалось показать, что молекулярный водород образуется на порядок быстрее и достигает максимального содержания раньше, чем в стандартной модели. Таким образом, модель с клампами лучше согласуется с предположением о быстром по времени (1 – 2 млн. лет) эволюционном переходе от диффузного облака к молекулярному в стационарном состоянии (Hartmann, 2001). В целом, модель с клампами показывает большие обилия некоторых молекул (например, CS, H<sub>2</sub>S), чем модель без клампов, а также помогает объяснить обилия молекул CH, NH и NH<sub>2</sub> и не влияет на обилия молекул H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, OH<sup>+</sup> и H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. При этом, нет молекул, чьи обилия стали хуже согласовываться с данными наблюдений.

## Фотометрический анализ галактических областей ионизованного водорода

*Топчиева А. П.*

Институт астрономии РАН

*stasyat@inasan.ru*

В англоязычной литературе для обозначения кольцевых инфракрасных туманностей широко используется термин «инфракрасный пузырь», подразумевающий, что туманность является проекцией структуры, имеющей примерно сферически-симметричную форму. В ряде работ исследуется, являются ли данные объекты областями ионизованного водорода (Watson et al., 2008). Выяснение истинной природы туманностей, а также определение параметров поля излучения в них важно при построении моделей этих объектов. В работе представлены исследования потоков инфракрасных кольцевых туманностей на 8, 24, 70, 160, 250 и 500 мкм по данным обзоров GLIMPSE и MIPS GAL, выполненных на космическом телескопе Spitzer, а также по результатам наблюдений на приборах PACS и SPIRE космического телескопа Herschel. Отобрано 43 объектов, шесть из которых не наблюдались на 20 см из-за того что по галактическим координатам не попадают в обзор NewGPS – 20 см телескопа VLA. Благодаря полученным данным составлены карты распределения спектральной энергии для ИК кольцевых туманностей. Оценены по отношениям потоков: [F24/F8], [F70/F24], [F160/F24], [F160/F70], какая доля ПАУ, мелкой и крупной пыли содержится в данных областях (данные оценки были взяты для сравнения с критериями оценок (Anderson et al., 2012)). По сеткам моделей предложенных в статье (Draine et al., 2007), оценены:  $q_{\text{РАН}}$  – массовая доля полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и  $U_{\text{min}}$  – минимальная интенсивность излучения объекта, эти параметры необходимы для сравнения наблюдений и модельного анализа. Оценены содержания ПАУ и мелкой пыли, отношение ПАУ к крупной пыли относительно радиуса, для 43 объектов выборки.

Работа поддержана грантами РФФИ 16-02-00834 и НШ 9951.201 6.2.

## Звёздообразование в сверхоболочках

*Васильев Е. О.*<sup>1,2</sup>, *Пилпенко С. В.*<sup>3</sup>, *Щекинов Ю. А.*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*eugstar@mail.ru*

Образование звёзд происходит главным образом в скоплениях – ОВ ассоциациях. Дальнейшая их активность приводит к формированию гигантских сверхоболочек и окружающих их оболочек НI, которые в большом количестве наблюдаются в ближайших карликовых галактиках (Holmberg II, IC2574 и др.). Наблюдения указывают на существование очагов звёздообразования, стимулированных ударными волнами как в оболочках изолированных, так и взаимодействующих гигантских сверхоболочек. В рамках трёхмерной газодинамической модели исследована эффективность фрагментации газа в изолированной оболочке и при взаимодействии соседних гигантских областей. Обсуждается влияние процессов взаимодействия оболочек и стимулированного в них звёздообразования на динамику галактических фонтанов и обогащение галактических гало.

## Формирование сложных органических молекул на ранних стадиях звездообразования

*Васюнин А. И.<sup>1,2</sup>, Caselli P.<sup>2</sup>, Dulieu F.<sup>3</sup>, Jiménez-Serra I.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics

<sup>3</sup>LERMA, Université de Cergy Pontoise

<sup>4</sup>Queen Mary University

*anton.vasyunin@gmail.com*

В докладе будут представлены результаты моделирования образования сложных органических молекул (СОМ) земного типа в условиях, характерных для дозвёздных ядер – самых ранних стадий образования звёзд. Мы использовали дополненную газопылевую астрохимическую модель из работы Vasyunin & Herbst (2013), в которую было добавлено детальное описание процесса химической десорбции, основанное на параметризации результатов экспериментов Minissale et al. (2016), а также учёт многослойной структуры ледяных мантий межзвёздных пылевых частиц. Чтобы получить радиальные профили содержаний СОМ, модель была сопряжена с 1D моделью физической структуры протозимического дозвёздного ядра L1544 из работы Keto & Caselli (2012). Используя сопряжённую модель, мы получили 1D профили содержаний сложных органических молекул в дозвёздном ядре L1544 для момента времени, на котором достигается наблюдаемая степень вымерзания молекулы СО в газовой фазе. Результаты расчётов показали, что сложные органические молекулы эффективно образуются в нашей модели, достигая содержаний  $\sim 10(-10)$  по отношению к водороду. Радиальные профили содержаний большинства СОМ, таких, как СН<sub>3</sub>ОСН<sub>3</sub>, НСООСН<sub>3</sub>, НСООН и других, имеют выраженный пик на расстоянии от центра L1544, близком к 4000 а.е., что согласуется с результатами наблюдений. Содержания сложных органических молекул в газовой фазе зависят от эффективности реактивной десорбции, которая, в свою очередь, зависит от химического состава наружных слоёв ледяных мантий. В дозвёздных ядрах внешние слои мантий включают значительную долю молекулы СО. Эффективность реактивной десорбции с СО-льда согласно Minissale et al. (2016) в несколько раз выше, чем с водяного, что обеспечивает эффективное образование сложных органических молекул в дозвёздных ядрах.

## Гигантский протозвёздный диск вокруг массивного протозвёздного сгустка S255N-SMA1

*Землянуха П. М., Зинченко И. И.*

Институт прикладной физики РАН

*petez@ipfran.ru*

В работе рассматривается вращающийся объект вокруг протозвёздного сгустка S255N SMA1. Его масса оценивается в  $16M_{\odot}$ , обнаружено биполярное истечение, присутствует ИК источник (Zinchenko et al, 2012). По данным наблюдений аммиака (1,1) и (2,2) на VLA обнаружена торообразная вращающаяся структура, оценка кинетической температуры которой изменяется от 40 до 18 К по радиусу. Признаки присутствия тора обнаруживаются также в линиях молекул C<sup>18</sup> (2-1), H<sub>2</sub> (81,7-71,6), HNCО (10(0,10)-9(0,9)), DCO<sup>+</sup> (4-3), DCN (3-2) по совмещённым данным наблюдений на SMA (Wang et al, 2011) и (Zinchenko et al, 2012). Также, используя URAN(IA), проведено кинематическое моделирование тора, в результате внутренний радиус которого оценен порядка 9000 а.е., внешний – 13000 а.е., угол плоскости тора к наблюдателю в пределах  $[0, 15]^{\circ}$  (Pavlyuchenkov et al., 2004).

Кроме того, в направлении на сгусток прослеживается другая структура, в диаграмме позиция-скорость которой присутствует кеплероподобный профиль в линии C<sup>18</sup> на расстоянии до 15000 а.е. Пространственно структура практически совпадает с тором, однако в частотной присутствует сдвиг на 1.5 км/с относительно него. Внутри объекта наблюдается линии H<sub>2</sub>, DCO<sup>+</sup>, SO, CO и ряда других. При этом излучение H<sub>2</sub> и DCO<sup>+</sup>, DCN довольно локально, что говорит о фрагментированности и сложной химии, а также, вкупе с отсутствием соответствующего излучения в аммиаке и обилием дейтерированных молекул, низкой температуре внутри объекта. Стоит отметить, что чёткая граница между ним и окружающим веществом отсутствует.

Оригинальные инструменты обработки и анализа данных разработаны при поддержке гранта РФФИ №16-32-00873. Моделирование выполнено при поддержке гранта РФФИ №17-52-45020. Исследование кинематических и физических свойств объекта выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №17-12-01256)

## Диски и биполярные истечения в области образования массивных звёзд S255IR по наблюдениям на ALMA

*Зинченко И. И.<sup>1</sup>, Луу Ш.-Ю.<sup>2</sup>, Су Ю.-Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт прикладной физики РАН

<sup>2</sup>Институт астрономии и астрофизики, Тайвань

*zin@appl.sci-nnov.ru*

Область образования массивных звёзд S255IR является ярким представителем такого рода объектов. Она находится на расстоянии примерно 1.8 кпк от нас, содержит скопление молодых звёзд, ряд компактных областей HII, плотные молекулярные ядра, джеты и пр. Недавно эта область привлекла повышенное внимание из-за вспышки метанольного мазера на частоте 6.7 ГГц и связанной с ней вспышки в ближнем ИК диапазоне, являющейся, вероятно, проявлением эпизодической аккреции (Caratti et al., 2016).

Нами этот объект исследовался ранее в молекулярных линиях и в континууме на одиночных антеннах и на интерферометрах в широком диапазоне частот с угловым разрешением до  $\sim 0.4''$ , что соответствует линейному масштабу 700 а.е. (Zinchenko et al. 2012, 2015). Эти данные показывают, что сгусток SMA1 представляет собой, вероятно, диск размером около 500 а.е. вокруг молодой массивной звезды. Достигнутое угловое разрешение было, однако, недостаточным для изучения структуры диска и закона вращения.

Недавно нами проведены наблюдения данной области в диапазоне длин волн 0.8 мм на антенной решетке ALMA с угловым разрешением  $\sim 0.1''$  и с беспрецедентной чувствительностью. Зарегистрировано несколько десятков спектральных линий разных молекул, обнаружена новая мазерная линия метанола, выявлена сложная морфология диска, найдено, что закон вращения близок к кеплеровскому. Кроме того, найдено, что близко расположенный сгусток SMA2, находящийся по всем признакам на более ранней стадии эволюции, также содержит вращающийся диск с мощным биполярным истечением.

Работа поддерживалась грантом РФФ (проект №17-12-01256) в части анализа данных и грантом РФФИ №15-02-06098 в части подготовки наблюдений и первичной обработки данных.

## Циклы активности избранных запятнённых звёзд

*Алексеев И. Ю., Козлова О. В.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*ilya-alekseev@mail.ru*

Представлены результаты многолетних спектральных (в области  $H\alpha$ ) и UBVRI фотометрических наблюдений двух активных запятнённых звёзд, находящихся на разных стадиях эволюции – молодой, еще не дошедшей до ГП звезды VY Aгi и находящейся на АВГ быстровращающейся звезды IN Com. У обеих переменных отмечаются циклы активности, проявляемые как в пятнообразовании, так и в изменениях параметров эмиссии  $H\alpha$ . Также отмечается вращательная модуляция параметров эмиссии, коррелированная с осевым вращением звёзд.



## Dynamics of the winds and dusty environments in the accreting T Tauri stars RY Tau and SU Aur

*Petrov P. P.<sup>1</sup>, Grankin K. N.<sup>1</sup>, Gameiro G. F.<sup>2</sup>, Artemenko S. A.<sup>1</sup>, Babina E. V.<sup>1</sup>,  
Albuquerque R. M. G.<sup>2</sup>, Djupvik A. A.<sup>3</sup>, Gahm G. F.<sup>4</sup>, Shenavrin V. I.<sup>5</sup>, Irmambetova T. R.<sup>5</sup>,  
Fernandez M.<sup>6</sup>, Mkrtichian D. E.<sup>7</sup>*

<sup>1</sup>Crimean Astrophysical Observatory

<sup>2</sup>Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, Portugal

<sup>3</sup>Nordic Optical Telescope, Spain

<sup>4</sup>Stockholm University, Sweden

<sup>5</sup>Moscow University

<sup>6</sup>Instituto de Astrofísica de Andalucía, Spain

<sup>7</sup>National Astronomical Research Institute of Thailand

*petrov@craocrimea.ru*

Classical T Tauri stars with ages of less than 10 Myr possess accretion disks. Magnetohydrodynamic processes at the boundary between the disk and the stellar magnetosphere control the gas flows of magnetospheric accretion and magnetospheric ejections. We have carried out a long series of simultaneous spectroscopic and photometric observations of the classical T Tauri stars RY Tau and SU Aur with the aim to quantify the dynamics of the accretion and outflow at time scales from days to years.

It is shown that dust in the disk wind is the main source of photometric variability of these stars. The correlation of the H $\alpha$  emission line profile with stellar brightness shows that the dust screens off the star but not the gas volume radiating in H $\alpha$ . For RY Tau we observed a correlation between the outflow velocity and stellar brightness: at higher velocity ( $> 200$  km/s) the circumstellar extinction gets lower. This correlation had lasted over two years. We suppose that the magnetospheric ejections influence the flow of the inner dusty wind. The characteristic time of the changes of outflow velocity and stellar brightness indicates that the dusty screen is located at 0.2 – 0.3 AU from the star.

We found that the dynamics of accretion and magnetospheric ejections is changing with time. In RY Tau, the amplitude of H $\alpha$  line variability decreased considerably during 2013 – 2015. In SU Aur, the earlier observations indicated two epochs of maximal outflow variability, separated by time interval of 6 yrs. Both RY Tau and SU Aur have radiative cores and convective envelopes. We suggest, that in analogy with the solar magnetic cycle, the dipole component of stellar magnetic field is changing during the cycle. Correspondingly, the inner radius of the accretion disc, controlled by the stellar magnetosphere, is also changing. When the disk comes closer to the star, the regime of magnetospheric ejections sets in, which manifests itself in higher variability of emission line profiles. Therefore, a simple monitoring of the H $\alpha$  line profile variability may reveal the length of magnetic cycles in classical T Tauri stars at the very early history of the star.

## Необычная переменная типа AA Tau V715 Per

Барсунова О. Ю.<sup>1</sup>, Гринин В. П.<sup>1,2</sup>, Сергеев С. Г.<sup>3</sup>, Семенов А. О.<sup>1</sup>, Архаров А. А.<sup>1</sup>,  
Ефимова Н. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>3</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*monoceros@mail.ru*

Приводятся результаты многолетнего фотометрического мониторинга в оптических (VRI) и инфракрасных (JHK) фотометрических полосах звезды типа Т Тельца V715 Per. Подтвержден период изменений блеска 5.23 д. в оптических полосах VRI, обнаруженный ранее другими авторами. Период стабилен на протяжении всего интервала наших наблюдений (14 лет), но при этом форма и амплитуда фазовых кривых блеска меняется от сезона к сезону. Впервые показано, что этот период присутствует также в колебаниях блеска в инфракрасных потоках JHK. Рассмотрены два механизма, которые могут быть ответственными за наблюдаемую периодическую модуляцию блеска: а) вращательная модуляция блеска, вызванная существованием холодных магнитных пятен на поверхности звезды, б) переменность типа AA Tau, обусловленная периодическими затмениями звезды собственным околосвёздным диском, внутренняя область которого деформирована (warped) в результате взаимодействия с магнитосферой звезды. Показано, что второй механизм лучше описывает наблюдаемые изменения блеска звезды.

Кроме периодической компоненты на кривой блеска звезды наблюдалось несколько повторяющихся алголеподобных минимумов. Их амплитуда монотонно увеличивалась, достигнув примерно  $1^m$  в полосе V. После этого ослабления блеска внезапно прекратились, тогда как амплитуда периодических колебаний стала нарастать. Последнее свидетельствует об увеличении вращательности внутренней части околосвёздного диска, вызванном нестабильностью процесса аккреции.

## Моделирование профилей эмиссионных линий в спектрах молодых звёзд

Дмитриев Д. В.<sup>1,2</sup>, Гринин В. П.<sup>1,2</sup>, Тамбовцева Л. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*dmitrievdv242@gmail.com*

Представлены результаты моделирования эмиссионных линий водорода в спектрах молодых звёзд солнечного типа. Предполагается, что звезда имеет сильное магнитное поле (порядка 1 кГс) дипольного типа, ось которого может быть наклонена относительно оси вращения звезды. В расчётах учитываются следующие компоненты: магнитосфера звезды, дисковый или X-ветер. Отдельно рассмотрен случай полярного ветра. Во всех этих моделях расчёт состояния атомов водорода выполнен на основе приближения Соболева. Результаты модельных расчётов применяются для определения параметров излучающих областей звёзд типа Т Тельца, находящихся на разных стадиях эволюции.

## Приповерхностная аккреционная зона звёзд типа Т Тельца

*Додин А. В.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*samsebedodin@gmail.com*

Для звёзд типа Т Тельца в широком диапазоне параметров произведён расчёт структуры и спектра приповерхностной аккреционной зоны (падающий газ, зона охлаждения за фронтом ударной волны, подлежащая атмосфера звезды).

Падающий газ, облучаемый рентгеном ударной волны, излучает эмиссионный компонент в линии He II и практически не проявляет себя в линии He I 5876. Многочисленные линии металлов с профилями, смещёнными в красную сторону, формируют псевдоконтинуум в ультрафиолетовой части спектра. При плотностях падающего газа  $\lg N > 13$  спектр аккреционной зоны формируется перед фронтом ударной волны и качественно представляет собой спектр звезды с эффективной температурой, определяемой законом Стефана-Больцмана из полного аккреционного потока.

Выполненные расчёты позволяют непрерывным образом описывать переход от остывающего газа ударной волны к звёздной атмосфере. Показано, что лучевые скорости линий ионизованного гелия формирующегося за фронтом стационарной ударной волны не могут превышать несколько км/с. Произведен расчёт радиационных потерь остывающего газа за фронтом ударной волны от параметров аккреции с учетом неравновесных населённостей атомных уровней и самопоглощения в оптически толстых линиях. Учёт этих эффектов модифицирует кривую охлаждения газа, однако форма высокотемпературной части кривой охлаждения не изменяется. Спектр ударной волны слабо зависит от плотности падающего газа.

## Термодинамические характеристики водородной плазмы вблизи состояния термализации

*Ермолаева Т. А.<sup>1,2</sup>, Катмышева Н. А.<sup>3</sup>, Гринин В. П.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*puzyrnaya.tamara@gmail.com*

Двумя различными методами – в приближении Соболева для сред с большим градиентом скорости и с помощью пакета Ферланда CLOUDY для неподвижной среды – исследовано поведение термодинамических характеристик водородного газа вблизи состояния термализации.

Показано, что в обоих случаях с приближением к этому состоянию резко увеличивается степень ионизации газа, а также его светимость в континууме и в линиях лаймановской и субординатных серий. Такое поведение параметров газа обусловлено возрастающей ролью ионизаций электронными ударами с возбужденных уровней. Подобное состояние реализуется при звёздных вспышках, во время которых газ в области образования оптического континуума близок к состоянию полной термализации.

## Молодые запятнённые звёзды на диаграмме Герцшпрунга - Рассела. Вызов для моделей звёздной эволюции

*Гранкин К. Н.<sup>1</sup>, Gully-Santiago M. A.<sup>2</sup>, Herczeg G. J.<sup>2</sup>, Czekala I.<sup>3</sup>, Somers G.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics, Peking University

<sup>3</sup>KIPAC, Physics and Astronomy, Stanford University

<sup>4</sup>Department of Physics and Astronomy, Vanderbilt University, Nashville, USA

*konstantin.grankin@craocrimea.ru*

Возраст и массы молодых звёзд оцениваются путем сравнения их светимостей и эффективных температур с эволюционными треками до главной последовательности. Многие молодые звёзды демонстрируют наличие магнитных полей и протяженных холодных пятен, оказывающих существенное влияние на данные наблюдений и начальную звёздную эволюцию. Для оценки этого влияния, мы исследуем сильно запятнённую звезду типа Т Тау со слабыми эмиссионными линиями через поиск спектральных характеристик излучения фотосферы и звёздных пятен. Предлагается новый подход вычисления фактора заполнения и температуры пятна через сравнение результатов моделирования синтетических спектров для двух-температурной атмосферы со спектрами исследуемой звезды, полученными в оптическом и ближнем ИК-диапазоне. Обнаружены четко различимые спектральные особенности обусловленные присутствием как горячего фотосферного компонента (4100 К), так и холодного компонента (2700–3000 К), который покрывает до 80% видимой поверхности. Такое сочетание горячего и холодного излучения подтверждается анализом РЭС, вращательной модуляцией показателей цвета и силы полос окиси титана, а также особенностями оптического и ИК-спектра низкого разрешения. Пересмотренные значения эффективной температуры и светимости запятнённой звезды значительно смещают её на диаграмме Г-Р в сторону более молодых и менее массивных объектов по сравнению с существующими моделями звёздной эволюции, не учитывающими эффекты холодных пятен. Для корректной интерпретации свойств молодых запятнённых звёзд требуются новые модели звёздной эволюции, учитывающие эффекты магнитных полей и холодных пятен. Игнорирование эффектов звёздных пятен является одной из основных причин неопределённости возраста рассеянных скоплений и значительного разброса в оценках возраста членов одного и того же скопления.

## Звёзды типа UX Ori на разных стадиях эволюции

*Гринин В. П.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*vgcrao@mail.ru*

RZ Psc является на сегодня самой старой звездой типа UX Ori. Её возраст оценивается в пределах от 20 до 30 млн. лет. Другим предельным случаем – самой молодой звездой этого типа – является звезда V2492 Cyg. На примере этих звёзд обсуждаются эволюционные изменения параметров фотометрической активности, которые следует ожидать в процессе старения звёзд типа UX Ori.

## Природа многолетней спектральной активности молодых горячих звёзд

*Козлова О.В.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*oles\_kozlova@mail.ru*

Молодые горячие звёзды (Ae/Be звёзды Хербига) являются объектами, ещё не вышедшими на Главную последовательность и излучающими за счёт продолжающегося гравитационного сжатия. Они окружены протяжёнными газопылевыми дисками, в которых идет процесс формирования молодых планетных систем. Прямые изображения этих дисков показывают, что они неоднородны. Согласно современным моделям, такая структура может быть обусловлена присутствием у молодой звезды второго компонента или являться результатом процесса планетообразования.

Наблюдения также подтверждают, что в околозвёздных дисках присутствуют масштабные неоднородности, проявляющие себя как в фотометрической, так и в спектральной переменности. Мы представляем результаты многолетнего спектрального мониторинга ( $R = 20000$ ) в области эмиссионной линии  $H\alpha$ , линии HeI 5876 и резонансного дублета NaI D. Полученные данные показывают, что параметры этих линий, такие как эквивалентная ширина и интенсивность эмиссии, границы эмиссионного профиля, а также лучевые скорости абсорбционных компонент демонстрируют сложную переменность на многолетней шкале времени.

Полученные результаты позволяют предположить, что основным механизмом многолетней спектральной переменности наблюдаемых звёзд является двойственность. Переменность MWC480 может быть связана, как со вторым компонентом, так и с формирующейся в её диске газовой планетой-гигантом. И, наконец, ещё две звезды (CQ Tau и HD141569) показывают спектральные особенности, которые позволяют связать их с процессом планетообразования, а не двойственностью. У HD141569 диск проэволюционировал настолько, что его внутренние области оказались пусты, а в линии  $H\alpha$  наблюдается только газовое кольцо. Такая структура, судя по всему, является результатом планетообразования, который в случае HD141569 зашёл гораздо дальше, чем у CQ Tau.

## Эруптивные звёзды на ранней эволюционной стадии: проблемы классификации

*Магакян Т. Ю., Мовсесян Т. А., Андреасян А. Р., Геворкян М.*

Бюраканская обсерватория НАН РА

*tigmag@sci.am*

Начиная с 70-х гг. мощные эрупции звёзд средней и малой массы на ранней эволюционной стадии привлекли всеобщее внимание. Были выделены классы фуоров (звёзд типа FU Ori), позднее – эксоров (звёзд типа EX Lup), а затем и некоторые другие. Также был введен ряд критериев для отнесения объектов к тому или иному классу, к которым, однако, следует относиться с осторожностью. Одним из основных свойств этих звёзд, особенно фуоров, является их исключительная редкость, что затрудняет как их чёткую классификацию, так и понимание механизмов эрупций.

Представлен уточненный список фуоров, фуороподобных звёзд и эксоров, составленный как на основе литературных данных, так частично и наших наблюдений. Ещё раз рассматриваются характерные признаки и особенности этих звёзд, возможная взаимосвязь с направленными выбросами вещества. Ряд звёзд трудно отнести к какому-либо определенному классу, они представляют собой как бы «промежуточные» объекты.

Отдельно рассмотрены некоторые другие примеры необычных эруптивных объектов в областях звёздообразования: V1318 Cyg S: звезда, которая сочетает, возможно, черты эксора и объекта типа UX Ori (уксора); CPM 19: сильный инфракрасный источник, который неожиданно стал наблюдаться в оптическом диапазоне; PV Ser: исключительно активная звезда типа T Tau с направленным биполярным выбросом и переменной туманностью.

## Интерпретация аномальных затмений молодой звезды RW Aur A

*Ламзин С. А.<sup>1</sup>, Возякова О. В.<sup>1</sup>, Гранкин К. Н.<sup>2</sup>, Додин А. В.<sup>1</sup>, Маланчев К. Л.<sup>1</sup>,  
Наджип А. Э.<sup>1</sup>, Сафонов Б. С.<sup>1</sup>, Татарников А. М.<sup>1</sup>, Черясов Д. В.<sup>1</sup>, Чунтонов Г. А.<sup>3</sup>,  
Шаховской Д. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*lamzin@sai.msu.ru*

В 2010 – 2011, 2014 – 2016 и 2016 – 2017 гг. произошли три глубоких ослабления блеска RW Aur A – главной звезды молодой двойной системы (расстояние между компонентами около 1.5"). В период затмений блеск звезды падал более чем в 100 раз по сравнению с исходным уровнем, а поляризация излучения в полосе *I* превышала 25%, причём вектор поляризации был направлен вдоль большой полуоси её протопланетного диска. Показано, что причина ослабления блеска – затмение RW Aur A пылевым экраном. Предложена модель, позволяющая объяснить наблюдаемые особенности затмений RW Aur A: большую продолжительность затмений и величину поляризации в минимуме блеска, различный характер изменений блеска в полосах UVRIJK и L, M, почти полное исчезновение фотосферных линий и изменение формы профилей эмиссионных линий в спектре звезды.

## Джет молодой звезды RW Aur A и связанные с ним проблемы

*Ламзин С. А.<sup>1</sup>, Бердников Л. Н.<sup>1,2</sup>, Бурлак М. А.<sup>1</sup>, Возякова О. В.<sup>1</sup>, Додин А. В.<sup>1</sup>,  
Татарников А. М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Astronomy and Astrophysics Research division, Entoto Observatory and Research Center, Ethiopia

*lamzin@sai.msu.ru*

Сравнив изображения джета молодой звезды RW Aur A, разделённые промежутком времени 21.3 года, мы нашли, что наиболее удаленные от звезды пятна-сгущения в джете возникли около 350 лет назад. Приведены аргументы в пользу того, что тогда же возник сам джет, и началась эпоха интенсивной аккреции на звезду, вызванная перестройкой структуры её протопланетного диска из-за приливного воздействия спутника RW Aur B. Точнее говоря, мы предполагаем, что усиление аккреции – это реакция на изменение условий во внешних областях диска, которая последовала после того, как звуковая волна, порождённая этими изменениями, прошла по диску в радиальном направлении. Различие параметров синего и красного лепестков джета RW Aur A, по нашему мнению, связано с асимметричным распределением околозвёздного вещества над диском и под ним, которое возникло в результате пролета спутника. Показано, что глубокие и продолжительные ослабления блеска RW Aur A после 2010 г., не имели аналогов в предшествующие 110 лет. Изменение характера фотометрической переменности звезды мы также связываем с перестройкой структуры внутренних ( $r < 1$  а.е.) областей её протопланетного диска и обсуждаем, почему эти изменения начались только через 350 лет после начала фазы активной аккреции.

## Расчёт тепловой структуры и динамики пыли при моделировании ранней эволюции протопланетных дисков у молодых звёзд

*Павлюченков Я. Н.<sup>1</sup>, Воробьев Э. И.<sup>2</sup>, Акимкин В. В.<sup>1</sup>, Стояновская О. П.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Южный федеральный университет

<sup>3</sup>Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН

*pavyar@inasan.ru*

Околзвёздные диски естественным образом возникают в результате сжатия протозвёздных облаков и формирования звёзд. Среди большого разнообразия процессов, происходящих в дисках, особый интерес представляет химическая эволюция и динамика пыли в них. Эти процессы определяют не только наблюдаемые проявления дисков в тепловом излучении пыли и линиях молекул, но и напрямую связаны с вопросом образования планет.

Для изучения этих процессов необходимы адекватные численные модели, с помощью которых можно согласованно рассчитывать долговременную эволюцию дисков. Одной из таких моделей является двумерная гидродинамическая модель, описанная в работах Э. И. Воробьева (см. Vorobyov & Basu 2010, 1896), с помощью которой изучены многие процессы, связанные с фрагментацией и переменным характером аккреции из диска на звезду. В докладе представлено дальнейшее развитие модели с учётом динамики пылевой компоненты и более корректного расчёта тепловой структуры диска.

В основе нового метода для расчёта тепловой структуры диска лежит алгоритм восстановления вертикальной структуры диска совместно с решением нестационарных уравнений переноса излучения (см. препринт arXiv:1706.00401). Этот подход более корректно описывает температуру и может быть использован для расчёта химической структуры. Для моделирования динамики пылевой компоненты использован метод из работы Cha & Nayakshin (2011), а также алгоритм, описывающий слипание частиц. Представлены результаты расчёта эволюции околзвёздного диска с учётом этих процессов и сопоставление с предыдущими результатами.

## Выстраивание пылевых частиц в оболочках молодых звёзд по поляриметрическим наблюдениям

*Шаховской Д. Н., Белан С. П., Ростопчина-Шаховская А. Н.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*d.shakhovskoy@gmail.com*

Значительный объем поляриметрических наблюдений звёзд Ae Хербига и Т Тельца позволяет разделить эффекты двух конкурирующих механизмов генерации поляризованного излучения: рассеяния произвольно ориентированными частицами и поглощения выстроенными несферическими частицами. Для ряда объектов второй механизм доминирует, и позволяет определить преимущественное направление ориентации.

## Новая эруптивная переменная в области звёздообразования IRAS 18507+0121

*Никогосян Е. Г., Азатян Н. М.*

Бюраканская Астрофизическая обсерватория

*elena@bao.sci.am*

На базе архивных данных инфракрасного диапазона нами была обнаружена новая эруптивная переменная UKIDSS J185318.36+012454.5. Объект расположен в области звёздообразования, которая ассоциируется с IRAS 18507+0121 источником и ультракомпактной ИП областью GAL 034.4+00.23.

Эруптивная вспышка, предположительно, произошла в период с мая 2003 г. по апрель 2004 г. Амплитуда вспышки в Ks диапазоне превышает 5 звёздных величин. На этом уровне яркости объект оставался, по крайней мере, до 2014 г.

Согласно инфракрасным цветовым показателям и распределению спектральной энергии UKIDSS J185318.36+012454.5 можно классифицировать как молодой звёздный объект средней массы с эволюционным классом 0/I.

Спектральные наблюдения, которые были выполнены уже после вспышки в 2007 г. (Cooper et al., 2013), показали наличие в спектре звезды H2 и CO эмиссию.

Совокупность фотометрических и спектральных данных не позволяет классифицировать эту эруптивную переменную как объект типа FUor (Hartmann & Kenyon, 1996) или EXor (Herbig 2008). Мы можем рассматривать её как объект со смешанными характеристиками, т.е. как эруптивную переменную типа MNor (Contreras Pena et al., 2014).

## Переменность $H\alpha$ эмиссии молодых звёздных объектов в скоплении IC 348

*Никогосян Е. Г.*

Бюраканская Астрофизическая обсерватория

*elena@bao.sci.am*

На базе данных наблюдений, проведенных на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории в период с 2009 по 2016 гг., в молодом звёздном скоплении IC 348 была исследована переменность  $H\alpha$  эмиссии PMS объектов. Наблюдения проводились с помощью метода slit-less (комбинация гризмы и  $H\alpha$  узкополосного фильтра). Этот метод позволит при экспозиции 1200 сек. с большой точностью определить эквивалентную ширину ( $EW(H\alpha)$ ) для объектов с  $R < 19.0$  зв. вел.

В общей сложности в поле наших наблюдений попало 127 эмиссионных объектов. Из них у 84-х наблюдалась значительная переменность  $EW(H\alpha)$  эмиссии. 20 объектов (24% от общего числа переменных звёзд) меняют свой эволюционный класс с CT Tau на WT Tau и наоборот. Исследована зависимость переменности  $H\alpha$  эмиссии от других признаков активности, а именно, инфракрасного избытка, интенсивности рентгеновского излучения, а также меры аккреции. Было показано, что при учёте переменности  $EW(H\alpha)$  соответствие между классификациями эволюционной фазы PMS звёзд относительно интенсивности  $H\alpha$  эмиссии и инфракрасного избытка достигает 90–95%.



## Каталог звёзд с активностью солнечного типа GTSh-10. Дополнения для новой редакции

*Шляпников А. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aas@craocrimea.ru*

В 2010 году Р. Е. Гершбергом, А. В. Теребиж и А. А. Шляпниковым был составлен «Каталог звёзд с активностью солнечного типа», который получил обозначение GTSh-10. В него вошли звёзды-карлики с различными проявлениями активности солнечного типа: объекты с тёмными пятнами, с водородной и кальциевой хромосферной эмиссией, со скоротечными вспышками в разных диапазонах длин волн, с радио и рентгеновским излучением звёздных корон.

Каталог содержит 5535 объектов и доступен на сайте обсерватории в HTML и VOTable форматах с возможностью его использования в интерактивном атласе неба Aladin. Доступ к каталогу открыт по адресу: <http://www.craocrimea.ru/~aas/CATALOGUES/G+2010/eCat/G+2010.html>. На странице каталога имеются гиперссылки к его описанию и структуре. Подробно создание Каталога рассмотрено в статье, опубликованной в первой части 107-го тома «Известий Крымской астрофизической обсерватории».

За семь лет, прошедшие с момента создания каталога, открыты новые объекты с проявлениями активности солнечного типа, которые включены в новую редакцию Каталога. Он дополнен также информацией о периодических изменениях блеска звёзд, зафиксированными амплитудами вспышек и наличием у них планет. Каталог содержит гиперссылки к базе данных SIMBAD и кривым блеска с зафиксированными вспышками. В докладе представлено общее описание Каталога, приведены статистические данные о включённых в него звёздах. Отдельно обсуждается удалённая работа с Каталогом средствами Виртуальной обсерватории.

## Анализ и результаты доплеровской 3D-томографии рентгеновской двойной Cyg X-1 по спектральным наблюдениям 2007 года в линии HeII 4686Å

*Агафонов М. И.<sup>1</sup>, Карицкая Е. А.<sup>2</sup>, Шарова О. И.<sup>1</sup>, Бочкарев Н. Г.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*agfn@nirfi.unn.ru*

В отличие от стандартного 2D-варианта доплеровской томографии цель работы – получение информации о движениях газовых потоков рентгеновской двойной Cyg X-1 не только в направлениях, параллельных орбитальной плоскости системы, но и имеющих компоненты скорости в направлении оси вращения системы. Корректность результатов 3D-реконструкции подтверждает детальный анализ исходного набора наблюдательных данных, полученных практически одновременно в обсерватории Пик Терскол и Национальной астрономической обсерватории Мексики и выполненный ряд контрольных тестов.

Максимумы абсорбционной (соответствует O-сверхгиганту) и эмиссионной структурных особенностей 3D-томограммы, расположены в орбитальной плоскости, на центральном сечении томограммы ( $V_x, V_y$ ), где компонента скорости  $V_z$ , перпендикулярная орбитальной плоскости, равна нулю. Эмиссия генерируется главным образом во внешней части аккреционной структуры, ближайшей к сверхгиганту. Выделяется газовый поток из точки Лагранжа  $L_1$  с направлением движения, близким к орбитальной плоскости. Его максимальная скорость достигает 800 км/с. Видна область, вероятно, связанная с взаимодействием потока с аккреционной структурой. Неожиданным является обнаружение эмиссионной структуры со скоростью  $V_z \sim 300$  км/с в скоростном интервале  $V_x, V_y$ , соответствующем звезде-донору. Её присутствие может указывать на истечение вещества из магнитного полюса сверхгиганта.

Авторы выражают благодарность РФФИ за поддержку работы (грант 15-02-02145).

## Газодинамические особенности оболочек контактных двойных звёзд

*Фатеева А. М., Шематович В. И., Кайгородов П. В., Бисикало Д. В.*

Институт астрономии РАН

*fateeva@inasan.ru*

Приводятся результаты трёхмерного численного моделирования газовой оболочки контактной двойной звезды с параметрами SV Cep. По результатам численного моделирования показано, что истечение вещества из окрестности точки Лагранжа  $L_2$  приводит к формированию общей оболочки, имеющей форму диска с радиусом порядка трёх межкомпонентных расстояний. Обсуждаются характеристики полученной оболочки, её структура и динамика, а также возможные наблюдательные проявления.

## Фотометрические наблюдения NZ Her в 2010 – 2017 гг. Особенности в моменты главного затмения

*Ирсмамбетова Т. Р.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*veratri@yandex.ru*

Представляются результаты новых многоцветных фотометрических наблюдений тесной двойной системы с рентгеновским источником NZ Her/Her X-1. Наблюдения проведены в Крыму в пос. Научный на телескопе Цейсс-600 с ПЗС-камерой в режиме продолжительных (6 – 8 часов) мониторингов. Цель наблюдений – детальное изучение фотометрической переменности в разных фазах орбитального 1.7-дневного и прецессионного 35-дневного циклов. Подтверждено, что прецессионное вращение диска вызывает регулярные изменения формы орбитальной кривой блеска, как во внезатменном состоянии, так и в районе главного минимума. Обнаружено, что наблюдаемые в главном минимуме вариации скорости изменения блеска при входе и выходе из затмения, зависят от ориентации прецессионного диска и воспроизводятся от цикла к циклу. В ночь JD2455762 отслежено редкое явление всплеска излучения вблизи главного минимума. Подобные нерегулярные малоамплитудные всплески на орбитальных фазах 0.01 – 0.03 наблюдались ранее и другими авторами. Эти эффекты указывают на то, что в оптическом диапазоне затмевается многокомпонентная эмиссионная область несферической формы, состоящая из нескольких источников – горячего пятна главной звезды, аккреционного образования и возможно других газовых структур.

## Особенности структуры течения в промежуточном поляре V2400 Oph

*Исакова П. Б.<sup>1</sup>, Жилкин А. Г.<sup>1</sup>, Бисикало Д. В.<sup>1</sup>, Бакли Д.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Южноафриканская астрономическая обсерватория, Кейптаун, Южная Африка

*isakovapb@inasan.ru*

Промежуточные поляры – это магнитные катаклизмические переменные, у которых белый карлик обладает магнитным полем порядка 0.01 – 1 МГс и вращается несинхронно с орбитальным вращением двойной системы. В таких системах может образовываться аккреционный диск, внутренний радиус которого ограничен размером магнитосферы. Согласно наблюдениям ROSAT, в промежуточном поляре V2400 Oph (RX J1712.6-2414) наибольшая амплитуда изменения интенсивности в мягком рентгеновском излучении проявляется на синодическом периоде, а не на периоде вращения, как в других промежуточных полярах. Это свидетельствует о том, что в данной системе или не образуется аккреционный диск, или аккреция происходит непосредственно на магнитосферу белого карлика. Такая особенность обнаружена впервые среди подобных объектов. В нашей работе с помощью трёхмерного численного моделирования исследуется структура течения в системе V2400 Oph. В основе модели лежат уравнения модифицированной магнитной гидродинамики, описывающие средние характеристики потока плазмы в рамках волновой турбулентности. Модель учитывает эффекты диффузии магнитного поля, а также процессы радиационного нагрева-охлаждения. Проведённые расчеты показали, что аккреционный диск в системе, действительно, не формируется из-за достаточно сильного магнитного поля (17.5 МГс) и быстрого вращения акретора (12 оборотов за орбитальный период). Течение плазмы в полости Роша белого карлика является существенно нестационарным с характерным периодом пульсаций темпа аккреции равным 501 с. Этот результат хорошо согласуется с интерпретацией наблюдений данного объекта.

## Массы оптических звёзд и чёрных дыр в рентгеновских новых с учётом эффектов взаимной близости компонентов

*Петров В. С., Антохина Э. А., Черепашук А. М.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*patrokl@gmail.com*

Показано, что при определении экваториальной скорости вращения звезды по профилям спектральных линий обычно применяемая аппроксимация сложной приливно-деформированной фигуры звезды круглым диском с постоянным локальным профилем линии и линейным законом потемнения к краю приводит к переоценке значения экваториальной скорости вращения  $V_{\text{tot}} \sin(i)$  и недооценке отношения масс  $q = M_x/M_v$  в системе. На основании формулы, позволяющей скорректировать влияние упрощающих предположений о форме звезды, мы заново определили значения отношений масс  $q$ , масс чёрных дыр  $M_x$  и масс оптических звёзд  $M_v$  в маломассивных рентгеновских двойных системах с чёрными дырами. Показано, что учёт приливно-вращательной деформации фигуры звезды может существенно увеличить отношение масс компонентов  $q = M_x/M_v$  и уменьшить массу оптической звезды  $M_v$ . Масса чёрной дыры  $M_x$  при этом изменяется незначительно. Полученное суммарное распределение масс оптических компонентов достигает максимума вблизи значения  $M_v \sim 0.35$  масс Солнца, что не согласуется с результатами популяционного синтеза в стандартной модели для галактических рентгеновских новых с чёрными дырами. Обсуждаются возможные способы преодоления этой трудности. Также отмечено, что полученное распределение масс чёрных дыр резко отличается от распределения масс массивных звёзд в Галактике.

## Многочастотный мониторинг микрокварзов: кривые блеска, вспышки, периодичности, мгновенные спектры, корреляции с потоками в рентгеновском и гамма-диапазоне

*Трушкин С. А.<sup>1,2</sup>, Нижельский Н. А.<sup>1</sup>, Цыбулев П. Г.<sup>1</sup>, Жеканис Г. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

*satr@sao.ru*

Мы провели ежедневный мониторинг ярких микрокварзов (SS433, GRS1915+105, Cyg X-1, Cyg X-3, LS5039, LSI+61d303) на Южном и Северном секторах ПАТАН-600 в течение последних десяти лет на 2 – 8 частотах от 2 до 30 ГГц. Зарегистрированы многочисленные яркие, часто перекрывающиеся вспышки, которые однозначно отождествляются со струйными выбросами из внутренних областей аккреционных дисков вокруг чёрных дыр в этих рентгеновских двойных системах. Почти всегда эти вспышки ассоциируются с проявлениями активности в рентгеновском или гамма-диапазоне, что связано с изменениями темпа аккреции, силы звёздного ветра, структуры магнитного поля и эффективности генерации излучающих релятивистских электронов, испускающих синхротронное радиоизлучение. Из анализа диаграммы «жесткость-светимость» рентгеновского излучения Cyg X-3 удалось выделить «гипер-мягкое» состояние, при выходе из которого и происходят яркие вспышки. За несколько недель до радиовспышек ( $\sim 17$  Ян) в марте 2011 г., сентябре 2016 г. и в апреле 2017 г. радиопоток затухал от 100 мЯн до 5 – 20 мЯн. Всякий раз перед вспышками рентгеновский спектр становился гипер-мягким.

Вспышечное радиоизлучение Cyg X-3 эволюционирует в течение вспышки. Спектральный индекс в диапазоне 5 – 11 ГГц плавно меняется от нуля или  $-0.3$  до значений  $-0.6 - 0.8$ , а в конце вспышки снова возвращается к прежнему значению, что хорошо объясняется в модели конечных сегментов релятивистских джетов, состоящих из релятивистских излучающих электронов, смешанных с тепловыми электронами, которые поглощают часть радиоизлучения на частотах ниже 5 ГГц. В течение почти 40 орбитальных периодов ( $26.5^d$ ) мы исследовали единственный периодически вспыхивающий микрокварз LSI+61d303. В зависимости от фазы сверх-орбитального периода ( $1667^d$ ) заметно меняется орбитальная фаза максимума вспышек и амплитуда потока вспышек. Природа сверхорбитального периода остается неясной.

Дольше 10 лет мы измеряем кривые блеска SS433 на 2.3, 4.7, 8.2, 11.2 и 21.7 ГГц. Обнаружена их заметная модуляция орбитальным периодом ( $13.1^d$ ), что возможно связано с покачиванием струй. Нами была обнаружено, что обычно постоянная скорость струй (0.26 с) заметно растет, до 0.29 с в течение вспышки.

Эволюция вспышек идет аналогично вспышкам Cyg X-3, хотя и нет ясного изменения рентгеновского состояния SS433. Раз в один-два месяца мы регистрировали относительно яркие ( $\sim 300$  мЯн) вспышки GRS1915+105 с характерным спектром с завалом на низких частотах. Впервые измерена кривая блеска гамма-излучающего микрокварза LS5039 на 4.7 ГГц, которая описывается флуктуациями вокруг среднего потока  $\sim 40$  мЯн. Микрокварз Cyg X-1 с чёрной дырой также не показывал ярких вспышек, но радиопоток заметно менялся в зависимости от рентгеновского состояния, коррелируя с уровнем излучения на 15 – 50 кэВ. Обычно поток варьировался вокруг 20 мЯн, но в мягком состоянии опускался ниже 10 мЯн.

## NY Her: Открытие предсказанных отрицательных сверхгорбов

*Сосновский А. А., Павленко Е. П., Путь Н. В., Антонюк К. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*demartin@ukr.net*

Катаклизмические переменные (КП) состоят из первичного белого карлика, и вторичного красного (или коричневого) карлика заполняющего полость Роша, отдающего через внутреннюю точку Лагранжа вещество, образующее аккреционный диск вокруг первичной звезды. Аккреционный диск является основным источником переменности на больших интервалах временных масштабов и энергий.

Карликовые новые – это подкласс КП, показывающий квазипериодические вспышки с амплитудами 2 – 5 зв.в. с типичным интервалом около 20 – 100 d. Во время сверхвспышки, эти объекты также демонстрируют вид переменности называемой «положительные сверхгорбы». Наблюдаемый период сверхгорбов на несколько процентов длиннее орбитального периода системы. С другой стороны, некоторые катаклизмические переменные показывают вариации блеска с периодом короче орбитального, называемые «отрицательные сверхгорбы», видимые как правило, в состоянии покоя. Их происхождение обычно рассматривается как результат ретроградной прецессии в слегка наклоненном аккреционном диске.

NY Her, после международной кампании 2017 года, был классифицирован Т. Като и др. (2017) как звезда типа SU Uma с коротким сверхциклом 63.5 d, и обнаружен период положительных сверхгорбов 0.075525 d во время сверхвспышки. Так же автор отметил, что звезду можно отметить как уникальный объект, с коротким сверхциклом и небольшой амплитудой сверхгорбов, несмотря на относительно большой период  $P_{sh}$ , поэтому мы решили продолжить наблюдения NY Her в спокойном состоянии. Это побудило нас продолжить наблюдения объекта в спокойном состоянии.

Наблюдения были проведены в течение 6 ночей на двух телескопах ФГБУН КрАО – 2.6-м ЗТШ и 1.25-м АЗТ-11 без использования светофильтров, поскольку объект находился в слабом состоянии, и достигал  $18^m - 19^m$ . Полученные кривые блеска показывают большую амплитуду колебаний блеска  $0.7^m - 1.1^m$ . Периодограммный анализ указывает наличие основного периода 0.07141(5), который мы идентифицировали как период отрицательных сверхгорбов NY Her.

## О роли поля излучения в формировании начальной функции масс

*Шустов Б. М., Вилбе Д. З., Павлюченков Я. Н.*

Институт астрономии РАН

*bshustov@inasan.ru*

Проблема начальной функции масс (НФМ) обсуждается уже более 60 лет. Предложено множество объяснений удивительной универсальности «солпитеровской» НФМ в диапазоне масс 1 – 10 масс Солнца. В данной работе мы кратко обсуждаем базовые положения, которые лежат в основе этой универсальности. Основное положение состоит в том, что множество механизмов, определяющих спектр масс дозвёздных ядер (турбулентная фрагментация; тепловые, ГД (МГД) неустойчивости, химические процессы) и собственно звёзд (конкурентная аккреция, динамическая фрагментация, аккреционные потоки и фрагментация в волокнах, образование и фрагментация дисков, химические процессы, магнитное торможение, feedback (испарение, выбросы и т.д.)) создают ситуацию «белого шума», т.е. возможность стохастического подхода. Однако «на краях распределения», т.е. при приближении к минимальным и максимальным массам звёзд выделяются доминирующие физические процессы и факторы, которые и определяют форму НФМ.

Мы рассматриваем роль одного из таких факторов – поля излучения – в формировании НФМ. Для моделирования эволюции протозвёздных ядер в поле излучения применены 1D численные модели газовой динамики с учётом химической кинетики. Проведены расчёты при различных значениях параметров (интенсивности поля излучения, массы и плотности ядер). Показано, что конечная масса звезды, формирующейся из ядра молекулярного облака, в значительной степени определяется конкуренцией между гравитацией и эффектом радиативной имплозии с одной стороны и потерей массы вследствие оттока нагретого УФ-излучением газа от края ядра (зоны PDR) – с другой. Например, ядро массой 3 массы Солнца с начальной концентрацией частиц  $10^4 \text{ см}^{-3}$  скорее всего не выживает в межзвёздном поле излучения. Обсуждается возможность наблюдений для определения динамических, структурных и химических характеристик зон PDR.

## Результаты исследование полярных областей в САО РАН

*Габдеев М. М.<sup>1</sup>, Борисов Н. В.<sup>1</sup>, Шиманский В. В.<sup>2</sup>, Катмышева Н. А.<sup>3</sup>, Шугаров С. Ю.<sup>3,4</sup>,  
Колбин А. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>4</sup>Институт астрономии, Татраска Ломница, Словакия

*crucifer.troll@gmail.com*

Полярные области или звёзды типа AM Нег содержат сильномагнитный белый карлик и звезду М-К класса, которая заполняет свою полость Роша. В отличие от других катаклизмических переменных в полярных областях нет аккреционного диска. Формируется аккреционная структура вокруг магнитных силовых линий. В месте столкновения вещества с белым карликом образуются горячее пятно и аккреционная колонка. В этих областях формируется основная часть излучения, на долю самих звёзд приходится лишь сотая доля излучения. Это обстоятельство осложняет определение фундаментальных параметров системы. Основной целью наших исследований стало их определение, путём анализа оптических наблюдений. Был реализован метод учёта вращения красного карлика для определения полуамплитуды лучевых скоростей с использованием синтетических спектров переизлучения. Начаты работы по теоретическому моделированию структуры аккреции вещества при помощи трёхмерных магнитогидродинамических моделей. А также моделирование поляризованного оптического излучения и сравнение их с наблюдениями. В докладе будут представлены основные результаты данных исследований.

## Диагностика излучающих областей у молодых звёзд. Современное состояние проблемы

*Тамбовцева Л. В., Гринин В. П.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*ltamb@mail.ru*

Молодые звёзды малых и промежуточных масс (типа Т Тельца, ТТС и AeBe Хербига, НАЕВЕ) окружены различными по структуре и своей природе областями, дающими вклад в излучение эмиссионных линий. Этими областями являются аккреционный диск в области, близкой к центральному источнику, область магнитосферной аккреции и область истечения вещества, которая может быть представлена различными видами дискового ветра (конический, магнито-центробежный, фотоиспаряющийся и X-ветер), а также ветром, распространяющимся в полярных областях, природа которого еще не вполне ясна.

В докладе рассматриваются и сравниваются общие и различные свойства излучающих областей у ТТС и НАЕВЕ звезд на основе не-ЛТР моделирования водородных эмиссионных спектров и интерферометрических переменных, полученных на телескопе VLT/AMBER (Паранал, Чили) и спектроскопических данных, полученных на 2.4-м телескопе Тайской Национальной обсерватории (Таиланд). В результате моделирования получен статистический материал, позволивший найти связь между параметрами звёзд и параметрами излучающих областей. Одновременное моделирование спектроскопических и интерферометрических данных наблюдений позволило ограничить разброс модельных параметров и получить достоверные результаты.

В докладе обсуждается также ряд вопросов, не имеющих к настоящему времени приемлемого решения: происхождение одиночных треугольных профилей инфракрасной линии В gamma, наблюдаемых у большинства звёзд Хербига; противоречия между наблюдениями и моделями полярных ветров; определение вклада различных излучающих областей в эмиссионный спектр водорода.

## Параметры оболочек некоторых новых с углеродно-кислородными (CO) и кислородно-неоновыми (ONe) белыми карликами

Тарасова Т. Н.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*taya\_tarasova@mail.ru*

На основе спектрофотометрических наблюдений исследованы четыре новые V2467 Cyg, V2468 Cyg, V339 Del, V2659 Cyg с углеродно-кислородными (CO-новые) и три новые V2491 Cyg, V458 Vul, V959 Mon с кислородно-неоновыми (ONe-новые) белыми карликами. Оценены следующие физические характеристики новых: содержание некоторых химических элементов в оболочке новой и их массы. Для новой V339 Del вычислены светимость, радиус и температура оболочки в оптически толстой фазе. Для этой новой, сопоставлением наблюдаемых и модельных профилей спектральных линий, восстановлена структура оболочки. Для всех новых оценены массы белых карликов.

У всех новых в оболочках получено повышенное, по сравнению с солнечным, содержание азота и кислорода, а у ONe-новых – повышенное, по сравнению с солнечным, содержание гелия и неона. Массы оболочек новых находятся в пределах  $1.1 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-4} M_{\odot}$ . У всех исследуемых CO-новых, кроме V2659 Cyg, получены предельные для CO белых карликов массы:  $1 - 1.1 M_{\odot}$ . Масса новой V2659 Cyg составляет около  $0.65 M_{\odot}$ . Массы ONe белых карликов близки к массе Чандрасекхара и равны  $1.2 - 1.3 M_{\odot}$ . Замечено, что наибольшая масса оболочки получена для CO – новой V2659 Cyg с маломассивным белым карликом и для ONe – новой V959 Mon с массой белого карлика, близкой к пределу Чандрасекхара.

Светимость оболочки новой V339 Del в её оптически толстой фазе была переменна и превышала Эддингтоновскую. Максимум светимости и эффективной температуры наблюдался за 12 часов до максимума блеска. Температура изменялась в пределах  $6000 - 12000$  К, а размеры оболочки – от 66 до  $300 R_{\odot}$ . Для этой новой предложена модель оболочки, состоящая из околполярных выбросов и центрального компонента в форме диска. Наклон плоскости орбиты двойной системы в этой модели составил около  $60^{\circ}$ .

## Жёсткость рентгеновских спектров O-звёзд в модели магнитноудерживаемой плазмы

*Рыспаева Е. Б.<sup>1,2</sup>, Холтыгин А. Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*e.ryspaeva@yandex.ru*

В настоящее время одной из основных гипотез формирования рентгеновского излучения O-звёзд является модель магнитноудерживаемой плазмы за фронтом ударной волны (Magnetically confined wind-shock model, MCWS; Babel, Montmerle, 1997; ud-Doula, Owocki, 2002). Согласно этой модели потоки вещества звёздного ветра направляются вдоль магнитных силовых линий к магнитному экватору, где они сталкиваются и образуют стоячую ударную волну, за фронтом которой формируется протяжённая горячая разреженная область, излучающая в рентгеновском диапазоне, и тонкий плотный и относительно холодный околзвёздный диск в области магнитного экватора. При справедливости данной модели должна увеличиваться жёсткость рентгеновского спектра с ростом терминальной скорости звёздного ветра, скорости потери массы звездой и напряжённости её магнитного поля. Мы проанализировали рентгеновские наблюдения 30 O-звёзд, полученные с помощью спутника «XMM-Newton» с 2001 по 2014 год, и рассмотрели зависимости жёсткости спектров от указанных параметров. По имеющимся данным можно сделать предварительный вывод, что с увеличением терминальной скорости и скорости потери массы жёсткость спектра уменьшается по линейному закону. Не выявлено корреляции между напряжённостью магнитного поля звёзд и жёсткостью их рентгеновских спектров.

## Верна ли новая парадигма формирования рентгеновского излучения О-звёзд?

*Рыспаева Е. Б.<sup>1,2</sup>, Холтыгин А. Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

*e.ryspaeva@yandex.ru*

Основываясь на результатах рентгеновских наблюдений сверхгиганта спектрального класса О HD37742 ( $\zeta$  Ori), выполненных на спутнике «ХММ-Newton» Э. Поллок (А. М. Т. Pollock) выдвинул «новую парадигму» образования рентгеновского излучения О-звёзд (Pollock, 2007). Согласно его гипотезе излучение в этом спектральном диапазоне возникает в режиме бесстолкновительных ударных волн, контролируемых магнитным полем. Излучающая плазма не находится в равновесии и континуум тормозного излучения электронов слаб. Перезарядка, ионизация и возбуждение ионов могут осуществляться при столкновениях с протонами. При этом плазма, захваченная магнитным полем, в двойных системах излучает в рентгеновском диапазоне и может нагреваться до более высоких температур чем в одиночных звёздах. Все линии в рентгеновском спектре широкие и асимметричные с подобными профилями скорости, а наблюдаемые профили линий в основном отражают распределение скорости ионов за фронтом ударной волны. Если в среде, где формируется рентгеновское излучение, скорости атомов подчиняются распределению Максвелла, то выполняется соотношение  $WHM(v_\infty) \approx 0.51v_\infty$ .

Мы проанализировали архивные рентгеновские спектры 30 О звёзд, выполненных на «ХММ-Newton» с 2001 по 2014 год и проверили, выполняется ли гипотеза Поллока для других О-звёзд. Полученный нами результат не подтверждает «новую парадигму». Оказалось, что как у одиночных, так и у двойных звёзд, большинство спектральных линий имеют соотношение  $WHM/v_\infty$  в пределах 5–35%, а профили спектральных линий не являются подобными. Такое поведение ширины профилей рентгеновских линий в спектрах О-звёзд может быть связано с тем, что эти линии формируются в ветре вблизи фотосферы звезды.

## Кандидаты в LBV-звезды в М31 и М33. 20 лет наблюдений на БТА

*Шолухова О. Н., Фабрика С. Н., Валеев А. Ф., Саркисян А. Н.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*olgasao@mail.ru*

На 6-м телескопе САО РАН с 1997 года проводится программа поиска, классификации и исследования кандидатов в LBV (luminous blue variable) в галактиках М31 и М33.

С середины XX века в галактике М33 были известны только пять таких объектов. Нами был создан новый список массивных звёзд-кандидатов в звёзды на критических стадиях эволюции в галактике М33. Этот список массивных звёзд с H $\alpha$  эмиссией включает 179 звёзд до 18.5 зв. величины в V. Была проведена спектроскопия около сотни звёзд списка. По результатам спектрального и фотометрического мониторинга мы открыли 4 LBV звезды в М33.

В галактике М31 нами проведена инфракрасная (Апачи Поинт, США) и оптическая (БТА) спектроскопия и фотометрия всех LBV-звёзд и кандидатов из списка Массея и др., 2006. По результатам были рассчитаны SED (спектральные распределения энергии), определены величины межзвёздного поглощения, температуры и светимости 18 звёзд. Проведена классификация их на подтипы: 5 звёзд оказались звёздами LBV, 9 звёзд – В[e]-сверхгигантами, 4 звезды мы классифицируем как спящие LBV.



## Пятна на поверхности активного красного гиганта PZ Моп

*Пахомов Ю. В.<sup>1</sup>, Антонюк К. А.<sup>2</sup>, Бондарь Н. И.<sup>2</sup>, Питъ Н. В.<sup>2</sup>, Рева И. В.<sup>3</sup>, Кусакин А. В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова

*pakhomov@inasan.ru*

PZ Моп – активный красный гигант типа RS CVn, переменность которого вызвана наличием пятен и вращением звезды. Пятна являются следствием подавления конвекции магнитным полем, поэтому исследование запятнённости даёт возможность изучать структуру и эволюцию звёздных магнитных полей и выявлять факторы (например, скорость вращения, эволюционная стадия, двойственность), влияющие на активность звёзд. PZ Моп – синхронная двойная звезда, отношение масс компонентов  $M_2/M_1 = 0.09$  минимально среди всех известных синхронных звёзд типа RS CVn.

На основе фотометрических наблюдений в фильтрах UVVRCIC в Крымской астрофизической и Тянь-Шанской астрономической обсерваториях в 2015 – 2016 годах и архивных данных ЖНК фотометрии PZ Моп найдены основные характеристики фотосферы звезды и построены карты поверхности. Температура незапятнённой поверхности составила 4730 К. Наилучшее согласие с наблюдениями получено в модели трёх пятен: холодное полярное пятно имеет температуру около 3500 К, крупное и небольшое теплые пятна с температурой около 4500 К. Устойчивое полярное пятно с относительной площадью от 33% до 41% видимой полусферы ответственно за долгопериодические колебания блеска. Его наличие подтверждается анализом молекулярной полосы TiO 7054Å. Малоамплитудная 34-дневная переменность связана с наличием теплых пятен с относительной площадью от 0% (максимум блеска) до 28% (минимум блеска), расположенных на полусфере со стороны второго компонента, которые определяют относительно стабильную активную долготу, наблюдаемую последние 15 лет.

## Изучение начальных стадий химической эволюции Галактики и её спутников по наблюдениям гигантов с дефицитом металлов

*Машонкина Л.<sup>1</sup>, Яблонка П.<sup>2</sup>, Ситнова Т.<sup>1</sup>, Пахомов Ю.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Высшая политехническая школа Лозанны

*lima@inasan.ru*

Изучение химического состава звёзд с большим дефицитом металлов ( $[Fe/H] < -2$ ) в нашей Галактике и её спутниках – карликовых галактиках необходимо для уточнения современных представлений о начальных стадиях химического обогащения вещества, начальной функции масс и скорости звёздообразования в галактиках разной массы, об эффективности перемешивания продуктов нуклеосинтеза в межзвёздной среде. Для восьми карликовых галактик нами определены параметры атмосфер и содержание 10 химических элементов для всех звёзд с  $[Fe/H] < -2$ , для которых имеются спектры высокого разрешения –  $R \geq 25000$ , всего для 35 звёзд. Для сравнения с нашей Галактикой составлена выборка гигантов в том же диапазоне металличности, и определены параметры атмосфер и содержание химических элементов с использованием тех же методов. Расчёты спектральных линий выполнены в отсутствие предположения ЛТР, что особенно важно для исследуемых объектов, которые все являются гигантами с большим дефицитом металлов. Впервые показано, что элементы  $\alpha$ -процесса Mg, Ca и Ti в каждой из галактик в созвездиях Скульптор, Малая Медведица, Печь, Секстант и Большая Медведица (галактика UMa II) имеют одинаковый избыток относительно Fe на уровне  $[\alpha/Fe] = 0.3$  и это согласуется с тем, что наблюдается у звёзд гало Млечного Пути. Полученные результаты свидетельствуют о доминировании SNeII в нуклеосинтезе и общности химической истории всех этих галактик в ранние эпохи их существования, когда металличность еще не достигла  $[Fe/H] \approx -2$ . В галактике Bootes I, которая относится к маломассивным галактикам с низкой поверхностной светимостью (UFD), лишь самые низкометаллические ( $[Fe/H] \leq -3$ ) звёзды имеют  $[\alpha/Fe] \approx 0.3$ , но избыток уменьшается у звёзд с большим содержанием железа и исчезает при  $[Fe/H] \approx -2$ . Это указывает на раннее ( $[Fe/H] < -2$ ) появление SNeIa в Bootes I и низкие темпы звёздообразования. Благодаря, в первую очередь, применению не-ЛТР подхода, впервые показано, что у всех изученных галактик, независимо от их массы, отношение  $[Na/Mg]$  не зависит от металличности и у разных галактик имеет близкие значения –  $[Na/Mg] \approx -0.6$ , что, безусловно, указывает на общее место производства Na и Mg. Все карликовые галактики имеют низкое содержание бария, которое близко к минимальным значениям, наблюдаемым у звёзд гало Млечного Пути. Обнаружено различие между более и менее массивными галактиками в отношении поведения Sr/Ba. Все звёзды в галактиках UFD – Bootes I и UMa II – имеют низкое  $[Sr/Ba] < 0$ , что указывает на синтез Sr и Ba в r-процессе. В остальных карликовых галактиках поведение Sr/Ba очень похоже на то, что наблюдается в гало Млечного Пути. Звёзды разбиваются на две группы. Первая группа имеет низкое отношение, близкое к  $[Sr/Ba]$  у UFD. А во второй группе отношение  $[Sr/Ba]$  растёт с уменьшением содержания бария. Это указывает на существование дополнительного источника Sr в начальные эпохи формирования галактик. Его природа пока неизвестна, но появление или отсутствие зависит от массы галактики.

## LSDbinary: Анализ спектров SB2 звёзд

*Цымбал В. В.<sup>1</sup>, Tkachenko A.<sup>2</sup>, Lehmann H.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

<sup>2</sup>KU Leuven, Instituut voor Sterrenkunde, Бельгия

<sup>3</sup>Thüringer Landessternwarte Tautenburg, Германия

*vadim.tsymbal@gmail.com*

Описан программный комплекс LSDbinary, предназначенный для анализа спектров спектрально-двойных звёзд. Комплекс включает в себя: программное обеспечение расчёта синтетических спектров компонент звёздной системы (в том числе моделирование эффекта Росситера -МакЛафлина) и собственно программу измерения средних (LSD) профилей спектральных линий обеих компонент системы, оценки отношения потоков компонент и их радиусов. Для отдельных участков спектра возможно разделение (disentangling) отдельного наблюдаемого спектра на спектры компонент звёздной системы.

Отличительной особенностью комплекса является модификация метода LSD (Least Square Deconvolution) с целью исправления «генетических» недостатков метода: 1) гипотезы о том, что форма всех спектральных линий является одинаковой и 2) предположения о том, что сумма локальных профилей блендируемых линий совпадает с профилем бленды. Теперь можно быть уверенным, что все различия между наблюдаемым модельным LSD спектром связаны с физическими условиями в атмосферах звёзд, а не с вносимыми методом ошибками.

Комплекс позволяет измерить лучевые скорости на всех фазах орбитального периода (включая затмения у затменных двойных систем), исследовать переменности, связанные с пульсациями главной компоненты, пятнами на поверхности звёзд системы и т.д.

Вкратце описано применение комплекса к анализу затменных звёздных систем типа Алголя с пульсирующей главной компонентой: R CMa, RZ Cas, а также звёздной системы типа  $\beta$  Cep: sigma Sco.

Авторы выражают благодарность РФФИ за поддержку работы (грант 15-52-12371).

## Фундаментальные параметры CP-звёзд методами спектроскопии: сравнение с данными интерферометрии

*Рябчикова Т. А.<sup>1</sup>, Романовская А. М.<sup>1</sup>, Шуляк Д. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Геттингенский университет, Германия

*ryabchik@inasan.ru*

Определение фундаментальных параметров звёзд является одной из основных задач астрофизики. Для химически-пекулярных (CP) звёзд эта задача усложняется аномальным химическим составом их атмосфер, требующим специальных методов анализа наблюдаемых спектров. В нашей работе представлены результаты определения эффективных температур, ускорения свободного падения, химического состава и радиусов и светимости 10 CP-звёзд. Определения основаны на самосогласованном анализе спектральных (спектры высокого разрешения) и спектрофотометрических наблюдений в широком диапазоне длин волн с учетом аномального химического состава атмосфер и неоднородного распределения по глубине атмосферы химических элементов, Ca, Cr, Fe, линии которых дают основной вклад в поглощение. Сравнение определенных нами радиусов по спектральным и спектрофотометрическим наблюдениям с прямыми измерениями радиусов методами интерферометрии для пяти звёзд программы показало, что за исключением одной звезды, 10 Aql, радиусы согласуются в пределах ошибок измерений, что позволяет использовать спектроскопические наблюдения для получения точных величин фундаментальных параметров.

## Проявления активности звёзд по наблюдениям космического телескопа Кеплер

*Саванов И. С.*

Институт астрономии РАН

Исследования, основанные на данных сверхвысокой фотометрической точности, полученные за время работы космического телескопа КЕПЛЕР (основная задача которого заключается в поиске и изучении планет за пределами Солнечной системы), позволили развить качественно новые подходы к изучению активности карликовых звёзд поздних спектральных классов. Доклад посвящён анализу проявлений магнитной активности (холодных пятен) на поверхности звёзд поздних спектральных классов, звёзд с планетными системами, звёзд с супервспышками, звёзд скоплений. Рассмотрены примеры наблюдений объектов с уникальной переменностью.

## Активность красных карликов по наблюдениям с телескопами Kepler и GALEX

*Дмитриенко Е. С.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

Предложенная нами ранее методика оценки параметра запятнённости  $S$  (площади пятен на поверхности активной звезды) была применена при анализе активности 1570 звёзд-карликов спектрального класса М. Анализ выполнен на основе наблюдательного материала, полученного с космическим телескопом Кеплер, а также данных о потоках излучения исследуемых объектов в ближней и дальней ультра-фиолетовых областях по данным космического телескопа GALEX. Проведено изучение изменений параметра  $S$  с возрастом объектов (условно выделены четыре группы объектов разного возраста) и с периодом их вращения. Установлено, что диаграмма, характеризующая связь параметра  $S$  и числа Россби  $Ro$ , повторяет классическую зависимость рентгеновской светимости активных звёзд от величины  $Ro$ . Режим насыщения на этой диаграмме достигается при той же величине параметра  $Ro$  (насыщения) = 0.13. Кроме того, нами показано, что объекты с возрастом более 100 млн. лет не образуют единую последовательность (при этом звёзды старше 900 млн. лет обладают запятнённостью поверхности порядка 1 процента). Полученная нами зависимость  $S - Ro$ , в дальнейшем может расширить возможности анализа зависимости рентгеновской светимости активных звёзд от числа Россби и найдёт применение для уточнения параметров, характеризующих действие динамо механизмов (числа динамо  $N_D$ ). Сопоставление оценок блеска в ближней и дальней ультра-фиолетовых областях (NUV и FUV) по данным космического телескопа GALEX с параметрами активности звёзд позволило нам сделать вывод о том, что более молодые, быстровращающиеся, активные звёзды являются более яркими в NUV диапазоне, а также, что с увеличением величины параметра запятнённости  $S$  возрастает поток в FUV диапазоне и уменьшается разность блеска в FUV и NUV диапазонах.

## Влияние излучения фотосферы на состояние надфотосферного газа

*Белова О. М.<sup>1,2</sup>, Бычков К. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Физический факультет МГУ

*whitecanvas05122010@mail.ru*

Рассмотрена задача о состоянии чисто водородного газа в поле теплового излучения. Задача поставлена для условий в хромосферах звёзд солнечного типа и звёзд спектральных классов G-M (в спокойном либо во вспышечном состоянии), а также для газа за фронтом ударной волны в пульсирующих переменных звёздах – цефеидах и миридах. Для температуры излучения принят диапазон  $3000K \leq T_+ \leq 20000K$ , здесь нижняя граница соответствует холодным звёздам, а верхняя – горячему пятну, которое может появиться в фотосфере во время вспышки. Показано, что при температуре излучения выше  $5000K$  скорости вынужденных процессов сравнимы с соответствующими скоростями спонтанных процессов. Существенную роль играют также фотовозбуждение и фотоионизация из возбуждённых состояний.

Относительный вклад вынужденной фоторекомбинации в полную скорость фоторекомбинации растёт с увеличением главного квантового числа  $k$ , а при фиксированном значении  $k$  – по мере увеличения температуры излучения. Аналогичная ситуация имеет место и для потерь энергии при рекомбинационном излучении. Скорость вынужденных процессов превышает скорость спонтанных при  $k > 3$ .

Полная по спектру скорость энергетических потерь путём вынужденного тормозного излучения сравнима со спонтанным излучением.

Фотоионизация наиболее эффективна в случае состояний среднего возбуждения,  $2 \leq k \leq 7$ .

Скорость фотовозбуждения в частотах линий бальмеровской серии может значительно превышать скорость ударного возбуждения при  $T_e = 10000K$ ,  $\lg N_e = 12$ .

## Устойчивость нестационарного охлаждения чисто водородного газа относительно числа учитываемых дискретных уровней

*Бычков К. В.<sup>1</sup>, Белова О. М.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Физический факультет МГУ

*bychkov@sai.msu.ru*

Исследовано влияние числа учитываемых уровней  $K$  атома водорода на охлаждение газа позади фронта ударной волны в газе из чистого водорода. Расчёты выполнены для условий в атмосферах долгопериодических переменных типа Миры Кита: скорость фронта  $50$  км/с, концентрация газа перед фронтом  $10^{12}$  см<sup>-3</sup>, его температура  $3200$  К. При расчёте нестационарного охлаждения и нестационарных населённостей дискретных уровней учитывались обмен энергией электронов с атомно-ионной компонентой путём упругих соударений, работа соседних слоёв, связанно-связанные переходы под действием электронных ударов, ударная ионизация и тройная рекомбинация, а также свободно-свободные, связанно-связанные и свободно-связанные радиационные переходы.

Величина  $K$  варьировалась от 2 до 25. Получено, что электронная температура  $T_e(t, K)$  и состояние ионизации  $x(t, K)$  при увеличении  $K$  асимптотически стремятся к не зависящим от  $K$  предельным функциям  $T_e(t)$  и  $x(t)$ . В практических расчётах отличие от предельных кривых становится пренебрежимо малым при  $K > 15$ , что значительно меньше максимального значения главного квантового числа, допустимого по критерию Инглиса-Теллера (для звёзд-гигантов около 25).

После максимума электронной температуры наступает фаза частичного равновесия, во время которой населённости высоковозбуждённых дискретных уровней с главным квантовым числом большим восьми подчиняются уравнению Саха с мгновенными значениями  $T_e(t)$  и  $N_e(t)$ . До момента максимума  $T_e$  выходу на квазистационарный режим дискретных состояний препятствует обмен энергией электронов с атомно-ионной компонентой.

## Новые переменные звёзды по фотографическому архиву: полуавтоматические открытия и эксперименты по автоматической классификации

Самусь Н. Н.<sup>1,2</sup>, Антипин С. В.<sup>2</sup>, Бекер И.<sup>3</sup>, Жарова А. В.<sup>2</sup>, Зубарева А. М.<sup>1,2</sup>,  
Колесникова Д. М.<sup>1</sup>, Пичара К.<sup>3,4</sup>, Соколовский К. В.<sup>5,2</sup>

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>3</sup>Католический университет, Сантьяго, Чили

<sup>4</sup>Гарвардский университет, Кембридж, США

<sup>5</sup>Национальная обсерватория Афин, Греция

*samus@sai.msu.ru*

Работа по сканированию фототеки ГАИШ МГУ, содержащей около 60000 прямых фотографий звёздного неба, полученных в 1895-1996 гг. с использованием нескольких телескопов, была начата в 2006 г. Её особенностью по сравнению с другими подобными проектами является немедленное использование сканов каждого оцифрованного поля для поиска и исследования переменных звёзд, а также новых звёзд в ближайших галактиках. В настоящее время завершается работа по поиску и исследованию переменных звёзд в поле 40-см астрографа ГАИШ с центром у звезды 104 Геркулеса. По сканам пластинок этого поля с использованием полуавтоматической методики удалось открыть и исследовать свыше 310 новых переменных звёзд. Фотографические кривые блеска новых переменных звёзд были использованы для сравнения результатов эксперимента по автоматической классификации переменных на основе самообучающегося алгоритма с классификацией, выполненной традиционными способами.

## Поиск и исследование переменных звёзд по ПЗС-наблюдениям в созвездии Кассиопея

Крюкова Е. А.<sup>1</sup>, Попов А. А.<sup>2</sup>, Бурданов А. Ю.<sup>2</sup>, Назаров С. В.<sup>3</sup>, Кутков О. Е.<sup>3</sup>,  
Лапухин Е. Г.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет им. акад. М. Ф. Решетнёва

<sup>2</sup>Коуровская астрономическая обсерватория УрФУ

<sup>3</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>4</sup>Обсерватория СибГУ

*kate-13-kr@yandex.ru*

Наблюдения области в созвездии Кассиопея (с центром  $00^h20^m17^s +59^\circ18'14''$ ) были проведены в обсерватории Сибирского государственного университета им. акад. М. Ф. Решетнёва при помощи телескопа с системой Гамильтон, фокусное расстояние которого составляет 918 мм, а диаметр 400 мм. Телескоп оснащен камерой FLI ML9000 CCD, которая позволяет получить изображение  $3056 \times 3056$  пикселей при размере пикселя 12 мкм.

Были получены нефильтрованные наблюдения ПЗС, в количестве около 5000 снимков, в течение интервала времени с сентября по октябрь 2016 года. Время экспозиции было установлено 30 секунд для каждого кадра. Размер поля составляет  $2.3 \times 2.3$  градуса.

Для обработки материала использовался VAST программное обеспечение для поиска переменных звёзд. А для определения периода было использовано программное обеспечение WinEfk.

На исследуемом участке было выявлено более двухста кандидатов в переменные звёзды. Из них для 135 звёзд была подтверждена переменность. Для них определены периоды, максимумы и минимумы изменения блеска, начальные эпохи и типы переменности.

## Результаты нового спектрального и фотометрического исследования затменной переменной UU Cas

*Горда С. Ю., Полушина Т. С.*

Коуровская астрономическая обсерватория УрФУ

*stanislav.gorda@urfu.ru*

На основе спектральных наблюдений затменной переменной звезды с массивными компонентами UU Cas ( $V = 10.4^m - 10.8^m$ , V0.5III,  $P = 8.51929^d$ ), проведенных в январе-апреле 2017 г. на оптоволоконном эшелле-спектрометре высокого разрешения ( $R = 15000$ ) 1.2-м телескопа Коуровской астрономической обсерватории УрФУ, впервые получены значения лучевых скоростей вторичного, менее яркого компонента. Найденное значение отношения масс компонентов составило  $q = M_2/M_1 = 1.85$ . Таким образом, вторичный компонент оказался массивнее главного, более яркого компонента. Сильная, зависящая от фазы, эмиссия в линии H $\alpha$ , а также меньшая мощность линий нейтрального гелия вторичного компонента, свидетельствуют о наличии расширяющейся оболочки вокруг этой затменной двойной, а также о существовании аккреционного диска, окружающего вторичный компонент и поглощающего часть его излучения. Полученная на основе восьмилетних (2007 – 2015 гг.) ПЗС-наблюдений на телескопе АЗТ-3 ( $D = 0.45$  м,  $F_{\text{newton}} = 2$  м), кривая блеска UU Cas, как и в более ранних наблюдениях других авторов, показала значительный разброс значений блеска, полученных в разные сезоны, что также косвенным образом подтверждает наличие газовых структур в системе. Для найденного из решения кривой блеска угла наклона орбиты  $i = 69^\circ$ , были определены массы компонентов  $M_1 = 9.5M_\odot$ ,  $M_2 = 17.7M_\odot$ , а также значение радиуса орбиты  $A = 52.7R_\odot$ . Таким образом, система UU Cas оказалась не такой массивной, как считалось ранее, и, по всей видимости, находится на стадии перемены ролей, где донором является главный, менее массивный компонент, а аккретором – более массивный вторичный.

## Моделирование кривых блеска затменной двойной системы V1239 Her

*Лукин В. В.<sup>1,2,3</sup>, Маланчев К. Л.<sup>2</sup>, Шакура Н. И.<sup>2</sup>, Постнов К. А.<sup>2</sup>, Четкин В. М.<sup>1</sup>,  
Галанин М. П.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>3</sup>Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

*vlukin@gmail.com*

Рассмотрена математическая модель формирования аккреционного диска в двойной полуразделенной звёздной системе. Задачей исследования является моделирование кривых блеска для систем такого рода, включая объяснение такой характерной особенности, как наличие сверхгорба яркости непосредственно перед затмением аккретора звездой-донором.

Математическая модель включает в себя систему уравнений трёхмерной газовой динамики для невязкого частично ионизованного газа с учетом гравитационного потенциала Роша и радиационного охлаждения вещества, записанную во вращающейся системе отсчета (Lukin et al., 2017).

Для численного исследования математической модели разработан программный комплекс, реализующий разностную схему типа Годунова для тетраэдральных неструктурированных сеток.

Проведен расчёт гидродинамических и радиационных процессов в аккреционном диске двойной звёздной системы V1239 Her, включающей красный карлик (донор) и белый карлик (аккретор). В месте контакта аккреционной струи и диска образуется локальное сгущение аккрецирующей плазмы в форме протяженной структуры на внешней границе аккреционного диска, приводящее к повышенному энерговыделению в форме излучения. По полученной картине течения плазмы и объёмного энерговыделения в аккреционном диске построены синтетические кривые блеска. Расчётные кривые блеска показывают хорошее соответствие с данными наблюдений.

## План Г. А. Шайна по исследованию межзвёздной среды и вопросов космогонии диффузных туманностей

*Бондарь Н. И.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*otbn@mail.ru*

Приведены основные направления исследования диффузной материи, структуры Галактики и вопросов космогонии, заложенные в Плане Г. А. Шайна, задачи и методы получения экспериментального материала. Обобщены важнейшие результаты, полученные участниками проекта: о структуре светлых и тёмных туманностей, роли магнитных полей межзвёздной среды и в туманности, взаимосвязи диффузной материи и горячих O-B звёзд и O-ассоциаций, распределении туманностей в Галактике и внегалактических системах. Как и горячие звёзды, диффузные туманности относятся к населению I типа и формируются в спиральных рукавах и в настоящую эпоху. Распределение туманностей и поддержание спиральной структуры галактик обеспечивается межзвёздным магнитным полем. По Плану Шайна в Крымской обсерватории в 1949 – 1965 гг. получено около 500 спектральных пластинок и 1500 прямых снимков участков в галактическом поясе  $\pm 10^\circ$  вдоль Млечного Пути. Сохранность этого наследия и доступ к оригинальным материалам обеспечивается через созданные базы данных виртуальной обсерватории КраО и Центра астрономических фотографических архивов Болгарской Академии наук в Софии.

## План Шайна: архив, оцифровка, доступ

*Шляпников А. А., Бондарь Н. И.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aas@crao.crimea.ru*

План академика Г. А. Шайна – комплексная программа по изучению структуры Галактики, которая выполнялась с конца 40-х до середины 60-х годов XX века в Крымской астрофизической обсерватории. По результатам её выполнения был накоплен большой наблюдательный материал, вошедший в стеклянную библиотеку обсерватории, и опубликовано значительное число статей. Начало исследований положили наблюдения диффузных газовых туманностей, выполненные самим Г. А. Шайном и В. Ф. Газе. По результатам этой работы был опубликован «Атлас диффузных газовых туманностей», пользовавшийся большой популярностью в мире (до появления фотографий «Паломарского обзора неба») благодаря своей глубокой проникающей способности и широкому охвату плоскости Галактики. Дальнейшие исследования были направлены на выявление звёзд, возбуждающих свечение туманностей, и определение межзвёздного поглощения в наблюдаемых областях. В этих исследованиях приняли участие около 20-ти человек, и по их результатам было опубликовано 14 каталогов, содержащих информацию о звёздных величинах, показателях цвета и спектральных классах около 35000 звёзд, включая каталог 301 туманности и возбуждающих их звёзд.

В середине 90-х годов XX века в обсерватории приступили к созданию цифровой версии каталога наблюдений, выполненных по Плану Г. А. Шайна. Информация о фотопластинках была размещена в Мировой базе данных широкоугольных полей. В середине 2000-х, в рамках проекта Крымской астрономической виртуальной обсерватории, было начато сканирование, полученных по Плану Г. А. Шайна, негативов и перевод в цифровой формат, опубликованных по его результатам каталогов. В данном докладе мы представляем описание архива Плана Г. А. Шайна, процедуру перевода в цифровой формат негативов и каталогов, а также доступ к информации средствами Международной виртуальной обсерватории.



## Результаты поиска гигантских импульсов пульсаров на телескопе БСА ФИАН на частоте 111 МГц

*Казанцев А. Н., Потапов В. А.*

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*kaz.prao@bk.ru*

Мы представляем результаты поиска и мониторинга гигантских импульсов (ГИ) пульсаров, проводимых на Большой Сканирующей Антенне (БСА) в ПРАО АКЦ ФИАН с 2012 г. на частоте 111 МГц. ГИ пульсаров – вспыхивающее увеличение пиковой плотности потока индивидуальных импульсов в несколько десятков и более раз превышающее средний профиль по амплитуде. ГИ имеют характерное степенное распределение по плотностям потока, отличное от логнормального для регулярных импульсов. К настоящему времени ГИ зарегистрированы у 15 из известных радиопульсаров. В ходе обработки выборки из 40 наблюдаемых нами пульсаров была обнаружена генерация аномально мощных импульсов у PSR B0301+19 (максимальное превышение плотности потока относительно среднего профиля в 102.6 раза), B1133+16 (в 86 раз) и B1237+25 (в 65 раз). Статистическая обработка данных подтвердила степенное распределение их плотностей потоков, что позволяет классифицировать такие импульсы как ГИ. Аномально мощные импульсы «промежуточного класса» были обнаружены у пульсара B0809+74, обладающего ярко выраженным дрейфом субимпульсов. Открытые нами и ранее обнаруженные (в основном на частотах  $\leq 111$  МГц) 6 секундных пульсаров с ГИ можно уверенно выделить в подкласс секундных пульсаров с ГИ, обладающих слабым магнитным полем на световом цилиндре ( $\sim 1-100$  Гс) и генерирующих относительно широкие ( $1/2-1$  от ширины среднего профиля) импульсы с плотностями потока в десятки и сотни Ян на низких радиочастотах, что резко отличает их от «классических» миллисекундных пульсаров с ГИ (B0531+21 и B1937+21) с величинами магнитного поля до миллионов Гс, генерирующих узкие (до нескольких наносекунд) импульсы величиной в сотни тысяч и миллионы Ян в широком диапазоне частот.

## О второй производной периода вращения и показателе торможения радиопульсаров

*Малов И. Ф.*

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*malov@praο.ru*

Проведен анализ различных механизмов торможения нейтронных звёзд с целью определения знака второй производной периода, которую можно считать важнейшим параметром для оценки показателя торможения  $n$ . Показано, что в рамках ряда моделей вторая производная может быть положительной и заметно уменьшать значение  $n$ . Применяемые в настоящее время методы определения  $n$  нуждаются в коррекции, поскольку они основаны на предположении о постоянстве различных параметров пульсаров (магнитного поля, угла наклона магнитного момента к оси вращения нейтронной звезды и др.). Проведены оценки поправок к показателю торможения и показано, что для пульсаров с длинными периодами и малыми производными периода эти поправки могут стать заметными.

## О поиске гамма-излучения от известных радио-пульсаров и радио-излучения от гамма-пульсаров

Тимиркеева М. А.<sup>1,2</sup>, Малов И. Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

<sup>2</sup>Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

*marika-ko@yandex.ru*

Пульсары играют значимую роль в астрофизике как компактные источники, излучающие в рентгеновском, радио и гамма диапазонах. В настоящее время известно около 3000 пульсаров, включенных в каталог Манчестера (Manchester et al., 1993). В основном, они излучают в радиодиапазоне, но с запуском КА Fermi-LAT гамма-излучение также было зарегистрировано у 200 пульсаров (Abdo et al., 2013). Мы проведём сравнение некоторых характеристик ( $P, \frac{dP}{dt}, \frac{dE}{dt}, B_S, B_{lc}, R_{lum}, L_\gamma$ ), описывающих гамма-громкие пульсары, т.е. излучающие в гамма и радио диапазоне ( $\gamma+R$ ), гамма-тихие радиопульсары ( $R$ ) и радиогромких гамма-пульсаров ( $\gamma$ ). Рассматриваются только изолированные нейтронные звёзды, чтобы наблюдаемые характеристики не были подвержены влиянию других близлежащих звёзд.

Обнаружена корреляция между светимостями гамма и радиопульсаров. Пульсары с жёстким излучением обладают более высокими значениями магнитной индукции вблизи светового цилиндра и их скорости потери вращательной энергии также заметно больше, чем у обычных радиопульсаров (Малов 2014, 2015). Это дает нам 2 критерия:  $\frac{dE}{dt} = 3 \times 10^{34}$  эрг/сек и  $B_{lc} = 3 \times 10^3$  Гс, с их помощью возможно выделить такие объекты из всей совокупности известных радиопульсаров, у которых с большой вероятностью можно ожидать гамма-излучение. С другой стороны, в каталоге гамма-пульсаров присутствуют источники, которых в настоящее время нет в каталогах радиопульсаров. Часть из них обладает большой гамма-светимостью и, в соответствии с полученной корреляцией светимостей, от них можно ожидать заметного радиоизлучения.

## Исследования особенностей радиоизлучения пульсаров с использованием спектров мощности Фурье

Малофеев В. М., Тюльбашев С. А.

Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*malofeev@prao.ru*

В докладе представлены интегральные спектры мощности Фурье, использованные для поиска пульсаров. Наблюдения проведены в течении нескольких лет по программе ежедневного мониторинга в 48 пространственных лучах, располагающихся на склонениях от 21 до 42 градусов, на меридианном радио телескопе БСА ФИАН, на частоте 110.25 МГц. Запись проводилась на 6-ти или 32-х канальных цифровых приёмниках в полосе 2.5 МГц с временем считывания сигнала 100 или 12.5 мс. В результате анализа выявлено несколько новых особенностей в Фурье спектрах мощности 27 пульсаров, полученных суммированием 500 – 600 ежедневных спектров. Впервые, показано, что амплитудная модуляция с периодами от 3 до 40 гармоник спектра мощности связана, скорей всего, с присутствием периода второго класса – 2 (диапазон величин от 26 до 480 мс), а наличие спутников у гармоник спектра мощности указывает на присутствие периода третьего класса (3) в диапазоне 2.2 – 23 периода пульсара (1). Получены эмпирические соотношения для вычисления этих периодов. У 26 и 13 пульсаров оценены периоды 2 и 3, соответственно. Для 15 (2) и 5 (3) пульсаров это сделано впервые. Таким образом суммарные Фурье спектры мощности дают возможность, не только более надежно измерять период вращения пульсара, но и демонстрируют новый метод исследования периодических процессов излучения пульсаров.

## Поиск пульсаров в мониторинговых наблюдениях на частоте 111 МГц

*Малофеев В. М., Тюльбашев С. А., Тюльбашев В. С., Китаева М. А., Чернышова А. И., Малов О. И., Родин А. Е., Теплых Д. А., Орешко В. В., Логвиненко С. В., Чашей И. В., Шишов В. И., Дагжесаманский Р. Д.*

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*malofeev@pra0.ru*

По программе **Космическая погода** на радиотелескопе БСА ФИАН около 4-х лет проводится ежедневный обзор неба, покрывающий полные сутки по прямому восхождению и 50 градусов по склонению. Наблюдения ведутся одновременно в 96 пространственных лучах на центральной частоте 110.25 МГц и в полосе 2.5 МГц. Специально для поиска пульсаров, параллельно, проводится запись данных с более высоким частотно-временным разрешением. При поиске используются два известных метода. Первый – это прямое накопление сигнала с перебором периодов от 0.5 до 15 с и мер дисперсий в пределах 0 – 200 пк/см<sup>3</sup>. Обработка проводится по ежедневным наблюдениям длительностью около 4-х минут, в 6-ти и 32-х частотных каналах при временном разрешении 100 и 12.5 мс. Второй метод включает в себя первичное обнаружение кандидатов в пульсары по Фурье спектрам мощности и дальнейшее их накопление за два года наблюдений, с последующей проверкой кандидатов в пульсары по первому методу. Результат поиска можно признать успешным, поскольку в исследованной площадке уже обнаружено около 50 новых пульсаров и много больше кандидатов. За все предыдущие годы наблюдений, начиная с 1968 года в СССР и России было обнаружено всего 6 радио пульсаров. Для 10-ти новых источников проводится тайминг, с помощью которого уточняются координаты, периоды, меры дисперсии, средние профили и измеряются плотности потока. Некоторые источники показывают особенности в излучении.

## Поиск быстрых радио транзиентов на частоте 111 МГц

*Малофеев В. М., Тюльбашев С. А., Тюльбашев В. С., Логвиненко С. В., Орешко В. В., Дагжесаманский Р. Д., Чашей И. В., Шишов В. И.*

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*malofeev@pra0.ru*

Кроме успешного результата по обнаружению около 50 новых пульсаров и большого числа кандидатов, в 2017 году начат поиск быстрых транзиентов по архивным данным (описание условий, антенны и аппаратуры для наблюдений приведены в тезисах доклада по поиску пульсаров, ВАК-2017). В этом докладе представлены первые результаты поиска быстрых транзиентов с длительностью от 10 до 100 мс. Обработано всего 4 недели мониторинговых наблюдений за период с 1 по 28 сентября 2015 года. На склонениях от –9 до 42 градусов обнаружено 53 быстрых транзиента: 46 из них – это импульсы известных пульсаров, 2 – это транзиенты найденные ранее и 5 – это новые источники. В докладе приведены формы импульсов, динамические спектры всех транзиентов, а также измеренные меры дисперсии и пиковые плотности потока. Для новых транзиентов приведены также координаты.

## Особенности переменности лучевых скоростей и спектрофотометрических параметров линий в спектре сверхгиганта $\kappa$ Cas

Рзаев А. Х.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Шемахинская астрофизическая обсерватория НАН Азербайджана

*abid@sao.ru*

Несмотря на большую яркость ( $V = 4.19$ )  $\kappa$  Cas В0.7Ia, спектроскопически исследована очень мало. Эти исследования были выполнены в 70 – 80 гг. фотографическим методом и носят информативный характер. Спектры были получены на 2-м телескопе Терскола с 31.08 по 07.10 1999 г., ( $JD_0 = 2451400 + 22 \div 58$ ). В течение 36 суток были получены 29 кудэ-эшелле-спектров с разрешением  $\lambda/\Delta\lambda = 45000$  и отношением сигнал на шум  $80 \leq S/N \leq 500$ . Для исследования быстрой переменности профилей и лучевой скорости линий со временем в течение трёх ночей  $JD_0 + 52, 54$  и  $58$  были получены по 4, 4 и 5 спектров, соответственно.

Быстрые переменности,  $P < 1$  день, лучевых скоростей и профилей линий не обнаружены. Переменности лучевых скоростей всех исследуемых фотосферных линий SiIII, OII, HeI, H $\alpha$  - H $\delta$  и ветровых линий HeI  $\lambda$  5875, 6678 и H $\beta$  в основном обусловлены нерадиальными пульсациями. Параметры переменности: период, амплитуда и  $\gamma$ -скорость, т.е. скорость расширения увеличивается от нижних слоев к верхним слоям атмосферы. Величина  $\gamma$ -скорости, найденная для фотосферных линий SiIII + OII + HeI (слабые) свидетельствует о том, что проекция лучевой скорости центра массы звезды составляет около  $1.5 \pm 0.5$  км/с.

Переменность спектрофотометрических параметров линий также вызвана появлениями и «исчезновениями» эмиссий, накладывающихся на профили линий с трёх позиций: сине-смещенная, центральная и красно-смещенная эмиссия. Эти эмиссии в более явном виде наблюдаются на сильных фотосферных и ветровых линиях, но следы их заметны на всех фотосферных линиях. Амплитуда переменности эквивалентной ширины линий также увеличивается от нижних слоев к верхним слоям атмосферы.

Линия H $\alpha$  наблюдается только в эмиссии. Её переменность в основном вызвана усилением и уменьшением интенсивности центральной эмиссии, а также появлением и исчезновением дополнительных эмиссионных компонентов на синем крыле линии. Всё это свидетельствует о том, что  $\kappa$  Cas – сверхгигант, показывающий Ве феномен, который наблюдаем с полюса.

## Оценка масс избранных звёзд пулковской программы методом астрометрии

*Шахт Н. А., Горшанов Д. Л., Василькова О. О.*

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*natalia.shakht@yandex.ru*

Массы звёзд, определяемые астрометрическими методами являются их фундаментальными параметрами. В Пулковской обсерватории много лет наблюдаются двойные звёзды, по относительным положениям которых получены орбиты и суммы масс компонентов (Киселев и др., 2014).

Однако не для всех этих звёзд возможно получение отношения масс, для которого, как правило, необходимы длительные ряды наблюдений объектов на фоне опорных звёзд. Мы представляем результаты определения отношения масс компонентов для широких двойных звёзд ADS 14636 (61 Cyg) и ADS 7251 с угловыми расстояниями от  $16''$  до  $30''$  по многолетним (около 40 лет) наблюдениям на пулковском 26-дюймовом рефракторе. Учтены современные значения параллаксов и других параметров из Recons.org. Сравниваются различные способы оценок масс, применяемые для устранения корреляций между искомыми величинами.

Также для спектрально-двойной звезды ADS 8035 ( $\alpha$  UMa), у которой компонент оптически невидим, приводится отношение масс  $M_b/(M_a + M_b)$ , равное  $0.31 \pm 0.02$  и полученное по нашим наблюдениям 1975 – 2005 гг.

## Массивные двойные системы в молодых звёздных скоплениях

*Тарасов А. Е.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aetarasov@mail.ru*

В работе рассматривается популяция массивных двойных систем с массами первичных компонентов  $5 - 15M_{\odot}$  в ряде молодых рассеянных звёздных скоплений с возрастом до 30 Муг. Показано, что с увеличением возраста скоплений доля обнаруженных массивных двойных падает. Рассмотрены причины данного наблюдаемого явления, тесно связанного с процессами обмена массой, его консерватизма и эволюцией углового момента компонентов. Показано, что использование рассеянных звёздных скоплений является важным индикатором возраста при исследовании эволюции массивных двойных систем с различными орбитальными периодами и отношением масс компонентов. Значительное увеличение относительной доли массивных Ве звёзд в рассеянных скоплениях с возрастом более 12 Муг может указывать на то, что данные объекты прошли фазу первого обмена массой. Рассмотрены возможные типы массивных двойных систем, которые встречаются, либо могут встречаться, в рассеянных звёздных скоплениях различного возраста.

# ПОСТЕРЫ

## Исследование двойной звёздной системы RZ Cas с использованием доплеровской томографии

Агафонов М. И.<sup>1</sup>, Шарова О. И.<sup>1</sup>, Цымбал В. В.<sup>2</sup>, Ляшко Д.<sup>2</sup>, Lehmann H.<sup>3</sup>, Мкртчян Д.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

<sup>2</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

<sup>3</sup>Thuringer Landessternwarte Tautenburg, Германия

<sup>4</sup>National Astronomical Research Institute of Thailand, Таиланд

*agfn@nirfi.unn.ru*

Представлены результаты исследования движений газовых потоков в двойной звёздной системе RZ Cas (система типа Алголя с пульсирующей главной звездой) с использованием метода доплеровской томографии, его двумерного и трёхмерного вариантов.

Использовались спектры, полученные на кудэ-эшелле спектрометре 2-м телескопа Таутенбургской обсерватории (Германия). Спектры были получены в 2001, 2006 и 2012 – 2013 гг. Соответствующие сезоны полностью отражают различные этапы активности системы RZ Cas.

Авторы выражают благодарность РФФИ за поддержку работы (грант 15-52-12371).

## Теоретическое прогнозирование светимостей $\gamma$ Ap звёзд

*Алентьев Д. В*

Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

Целью данной работы являлось прогнозирование положения на диаграмме Герцшпрунга-Рессела быстро пульсирующих ( $\gamma$ Ap) звёзд таких, как, например, звезда HD 177765. В качестве основы моделирования заложено вычисление эволюционных треков в программе CESAM (Morel&Lebreton 2008). Полученные в результате моделирования фундаментальные параметры звёзд UV Lep, IM Vel,  $\alpha$  Cir,  $\beta$  CrB, 33 Lib, 10 Aql,  $\gamma$  Eql и HD 116114 использовались при расчёте их пульсационных моделей в соответствии с теорией (Cunha 2002) и на основе использования программ ENVELOP и NPULS. В результате моделирования звёзд, у которых наблюдаемые частоты находятся ниже предельной акустической частоты, выявлено, что указанная теория может описывать природу пульсаций  $\gamma$ Ap звёзд. Для отождествленной нами как  $\gamma$ Ap звезды HD 177765 (Alentiev et al. 2012), имеющей самый большой период пульсаций среди всех  $\gamma$ Ap звёзд (23.6 мин), представлена область на диаграмме Герцшпрунга-Рессела, в которой указанная звезда должна находиться.

## Маломассивные члены ассоциации бета Живописца: принадлежность к ассоциации, распределение периодов вращения, зависимость от кратности систем

*Мессина С.<sup>1</sup>, Ланзафам А. С.<sup>2,1</sup>, Артеменко С.<sup>3</sup>, Мало Л.<sup>4</sup>, Десидера С.<sup>5</sup>, Бучино А.<sup>6,7</sup>,  
Жанг Л.<sup>8</sup>*

<sup>1</sup>Астрофизическая обсерватория Катании, Италия

<sup>2</sup>Университет Катании, Италия

<sup>3</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>4</sup>Канадо-Франко-Гавайский телескоп США

<sup>5</sup>Астрономическая обсерватория Падовы, Италия

<sup>6</sup>Институт астрономии и физики космоса, Буэнос Айрес, Аргентина

<sup>7</sup>Факультет физики Университета Буэнос Айреса, Аргентина

<sup>8</sup>Факультет физики, Колледж науки, Университет Гуиджоу, Китай

*artemenko@craocrimea.ru*

Маломассивные члены молодых звёздных ассоциаций показывают сильный разброс периодов вращения. Такой разброс в основном вызван различием масс и начальных периодов вращения, но значительный вклад в распределение вносит также кратность звёздных систем. В работе исследуется влияние компаньонов на сокращение времени жизни аккреционных дисков. Составлен наиболее полный список маломассивных членов молодой ассоциации бета Живописца. Измерены периоды вращения для большинства членов, построено распределение периодов, которое различается между подтвержденными членами ассоциации и кандидатами в члены, и зависит от статуса кратности. Для одиночных звёзд и компонентов кратных систем с широкими орбитами ( $> 80$  а.е.) распределение периодов показывает последовательность в зависимости от массы звёзд. При этом все компоненты кратных систем с близкими орбитами ( $< 80$  а.е.) показывают периоды вращения значимо короче, чем периоды одиночных звёзд таких же масс. Сравнение с более молодым (13 млн. лет) скоплением звёзд  $h$  Персея и с более старыми (40 млн. лет) скоплениями и ассоциациями NGC2547, IC2391 и IC2602 и Плеядами (с возрастом 130 млн. лет) показывает, что в то время как эволюция звёзд классов F-G хорошо воспроизводится моделями эволюции углового момента, для звёзд более ранних спектральных классов K и M модели не работают. Также мы обнаружили, что амплитуды кривых блеска этих звёзд не коррелируют ни с вращением, ни с массой. Если отделить одиночные звёзды и звёзды в широких системах, то появляется зависимость периодов вращения от массы, что позволяет сравнивать эту зависимость с другими скоплениями. В таких «очищенных» зависимостях значение периода вращения может служить индикатором возраста звезды, в особенности для звёзд спектральных классов F и G.

## Изменения режимов аккреции от цикла к циклу синодического периода у полюра ВУ Сам

*Бабина Ю. В.<sup>1</sup>, Павленко Е. П.<sup>1</sup>, Андреев М. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

*juliaradyga@mail.ru*

В работе представлены результаты фотометрических наблюдений полюра ВУ Сам. ВУ Сам относится к подклассу магнитных новоподобных катаклизмических переменных. У этой системы вторичный компонент – маломассивный красный карлик, заполнивший свою полость Роша, вследствие чего происходит перенос вещества на первичный компонент – белый карлик с магнитным полем. Такие системы имеют сильное магнитное поле  $10^7 - 10^8$  Гаусс, в результате чего, аккреционная струя попадая в область магнитного поля, начинает двигаться вдоль силовых линий и выпадает в область магнитных полюсов. ВУ Сам наблюдается в двух состояниях яркости – в высоком и низком. С 2004 года эта система находится в низком состоянии яркости.

Еще одна из особенностей этой системы является её асинхронность, когда период вращения и орбитальный период не совпадают, в результате чего ориентация магнитного поля относительно красного карлика постоянно изменяется с синодическим периодом или периодом биения. Таким образом ВУ Сам дает возможность изучения структуры магнитного поля белого карлика и режимов аккреции на разных фазах периода биения.

В работе представлены кривые блеска, охватывающие сразу два или больше орбитальных периода, по которым видно как меняется режим аккреции, как происходит перераспределения вещества между аккреционными областями от цикла к циклу периода биения. По представленным кривым блеска можно проследить меняется ли режим аккреции на одинаковых фазах периода биения полученных в разное время.

## Обнаружение слабого магнитного поля у высокоамплитудной звезды типа $\delta$ Щита 1 Единорога

*Бакланова Д. Н.<sup>1</sup>, Мкртчян Д. Е.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>National Astronomical Research Institute of Thailand

*dilyara@craocrimea.ru*

1 Единорога высокоамплитудная звезда типа  $\delta$  Щита, с полной амплитудой  $\sim 0.4$  звёздной величины. Она показывает три периода пульсаций  $P_1 = 0.136$  дня,  $P_2 = 0.134$  дня,  $P_3 = 0.139$  дня. Спектрополяриметрические наблюдения 1 Моп были получены в течении трёх ночей в 2007 году на 1.8-м телескопе Bohyunsan Optical Astronomy Observatory, Южная Корея. Мы представляем первые результаты измерения магнитного поля у звезды 1 Единорога. Мы сообщаем об обнаружении слабого магнитного поля, которое изменяется от  $-58 \pm 8$  Гс до  $+48 \pm 8$  Гс с периодом пульсаций.

## Эволюция структуры мазера $\text{H}_2\text{O}$ в IC 1396 N: разрушение протопланетного диска?

*Баяндина О. С.<sup>1</sup>, Вальтц И. Е.<sup>1</sup>, Куртц С. Е.<sup>2</sup>, Рудницкий Г. М.<sup>3</sup>, Алакоз А. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Центр радиоастрономии и астрофизики Мексиканского национального автономного университета, Мексика

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*bayandina@asc.rssi.ru*

Представлены результаты исследования тонкой пространственной структуры мазера  $\text{H}_2\text{O}$  в глобуле IC 1396 N в рамках работы международного космического РСДБ проекта Радиоастрон. В 5 сессиях наблюдений, выполненных в 2014 г., отклик от источника не был обнаружен на наземно-космических базах 2.3 – 5.9 диаметров Земли. Возможная причина – сильная переменность источника: наибольший поток (51 Ян) был зафиксирован в наблюдениях с длинными базами, на коротких базах источник показал поток  $\sim 5$  Ян. Отсутствие детектирования сигнала на таких базах указывает на нижний предел на размер мазера  $> 0.03$  а.е. и на верхний предел яркостной температуры  $6 \times 10^{12}$  К. По результатам наблюдений 1996 г. на VLBA (Slysh et al., 1999) для данного источника была предложена модель протопланетного диска. Наши результаты исследования 2014 г. на наземных базах показали, что пространственная структура мазера  $\text{H}_2\text{O}$  претерпела значительные изменения. Три группы мазерных компонентов со скоростями близкими к системной скорости источника выстраиваются на прямой линии протяженностью  $\sim 200$  а.е., при этом две группы не наблюдались в 1996 г. и, возможно, являются джетами. Обнаружены две новые мазерные детали на расстояниях 157 и 70 а.е. от центра источника, имеющие скорости далекие от системной. Появление джетов, а также снижение активности излучения мазера  $\text{H}_2\text{O}$ , зафиксированное в мониторинге на РТ-22 (Пушино, Московская область), указывает на радикальное изменение структуры протопланетного диска – вплоть до его возможного разрушения.



## Обзор метанольных мазеров I класса в линиях OH на радиointерферометре VLA

*Баяндина О. С.<sup>1</sup>, Вальтц И. Е.<sup>1</sup>, Куртц С. Е.<sup>2</sup>, Шахворостова Н. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Центр радиоастрономии и астрофизики Мексиканского национального автономного университета, Мексика

*bayandina@asc.rssi.ru*

Представлены результаты обзора 80 областей звездообразования, ассоциирующихся с метанольными мазерами I класса, выполненного на VLA в 2013 г. в четырёх линиях OH (1612, 1665, 1667 и 1720 МГц), в линии HI и в континууме (20 см) с угловым разрешением  $\sim 12''$ . Известно, что излучение в главных линиях OH (1665/1667 МГц) обнаруживается в направлении областей формирования массивных звёзд и возникает за счёт радиативной накачки, линия-спутник на частоте 1612 МГц ассоциируется со звёздами поздних классов, линия-спутник на частоте 1720 МГц формируется в остатках сверхновых – считается, что излучение последних обеспечивается столкновительной накачкой. Цель исследования – проверка гипотезы, согласно которой ударные волны, связанные с молекулярными потоками в областях звездообразования, обеспечивают накачку как метанольных мазеров I класса (общепринятое положение), так и, возможно, мазеров OH на частоте 1720 МГц. Линии OH обнаружены в 39 источниках (49%). Главные линии OH (1665/1667) обнаружены в 46% и 36% выборки, соответственно, линия-спутник OH (1612) – в 16%, OH (1720) – в 19% (15 источников). В абсолютном большинстве случаев (14 из 15 источников) линии OH (1720) сопровождаются более сильными линиями OH (1665). В 87% случаев мазеры OH (1720) ассоциируются с излучением в непрерывном спектре на 20 см. Сильная корреляция мазеров OH (1720) с мазерами OH (1665) и излучением в континууме может указывать на то, что в направлении метанольных мазеров I класса на частоте 1720 МГц наблюдаются мазеры OH, возбуждаемые за счёт механизма нелокального наложения линий, а не столкновительной накачки.

## Каталог средних фазовых магнитных кривых звёзд. II.

*Бычков В. Д., Бычков Л. В., Мадей Ю.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

Вторая версия каталога средних фазовых магнитных кривых (МФК) содержит сведения о 308 звёздах различных типов. За время, прошедшее после создания первого каталога (Vuskov et al., 2005), ситуация принципиально изменилась в первую очередь из-за того, что существенно повысилась точность измерения магнитных полей (МП).

В настоящее время у многих типов звёзд обнаружены глобальные магнитные поля и частично изучено их поведение. Наиболее детально изучено магнитное поведение Ар-Вр звёзд. В каталоге содержатся сведения о 195 таких объектах. Основные цели создания каталога:

1. Обзор и обобщение накопленного наблюдательного материала о магнитном поведении разных типов звёзд.
2. Проводить статистический анализ переменности магнитных полей звёзд на основании собранных и однородно обработанных измерений.
3. Определить ориентацию осей вращения звёзд.
4. Для проверки различного рода теоретических моделей сведения представлены в наиболее удобной форме.
5. Каталог будет полезен для разработки наблюдательных программ.
6. Настоящий каталог открывает дополнительные возможности для исследования звёзд, имеющие экзопланеты.

## Эмиссионные свойства охлаждающейся плазмы в рекомбинационных линиях водорода и металлов

*Васильев Е. О.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Южный федеральный университет

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*eugstar@mail.ru*

Изучение областей звездообразования в ближайших карликовых галактиках, в основном, проводится на базе наблюдений в рекомбинационных линиях водорода –  $H\alpha$ ,  $H\beta$ , и некоторых линиях ионов OI, OII, OIII, SII. В работе исследована эволюция интенсивностей излучения в этих линиях в газе за фронтами ударных волн, образованных множественными вспышками сверхновых.

## Субмиллиметровый эмиссионный спектр молодой области звездообразования

*Дроздов С. А., Шекинов Ю. А.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*sai.drozdov@gmail.com*

Исследуется эволюция субмиллиметрового эмиссионного спектра области звездообразования на переходной стадии, соответствующей возникновению в ней первых сверхновых. Построена модель спектра в области 400 мкм – 2 мм в зависимости от возраста скопления. Вид спектра меняется от доминирования теплового спектра пыли на первых двух стадиях к комбинации пылевой и синхротронной эмиссии с минимумом в области 1 мм при развитой взрывной стадии. Вклад синхротронной эмиссии с течением времени увеличивается, на временах  $\sim 50$  млн. лет достигает насыщения. Для стандартной начальной функции масс исследуется зависимость положения минимума от возраста скопления.

## Анализ характеристик тесной двойной системы Lan30

*Дёминова Н. Р.<sup>1</sup>, Шиманский В. В.<sup>1</sup>, Борисов Н. В.<sup>2</sup>, Габдеев М. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*crucifer.troll@gmail.com*

Выполнена обработка многополосной фотометрии и построены фазовые кривые блеска тесной двойной системы Lan30 в трёх полосах BVR. Подтверждена классификация звезды как предкатаклизмической переменной с горячим sdB-субкарликом. Выполнено численное моделирование теоретических кривых блеска с учётом эффектов несферичности и отражения с их согласованием с данными наблюдений. В результате установлены ограничения на фундаментальные параметры компонент. Обработаны спектроскопические наблюдения Lan30 на телескопе БТА САО с получением набора спектров умеренного разрешения для полного орбитального периода. Численное моделирование и анализ усредненного спектра Lan30 показало принадлежность её главной компоненты к группе нормальных sdB-субкарликов пост-горизонтальной ветви с значительным (более 1 dex) дефицитом гелия и тяжелых элементов. Выполнено измерение и анализ лучевых скоростей sdB-субкарлика с переопределением их амплитуды на уровне 56 км/сек и массы вторичной компоненты.

## Эволюционный статус звёзд типа Т Тельца

*Еретнова О. В., Дудоров А. Е.*

Челябинский государственный университет

*eretnova@csu.ru*

С целью уточнения эволюционного статуса звёзд типа Т Тельца используются эволюционные треки и изохроны D'Antona&Mazitelli (1994) (в дальнейшем DM94), Dotter et al. (2008) (Dartmouth2008), Baraffe et al. (2015) (BCAN15) и Bressan et al. (2012), Chen et al. (2014) (Padova) для звёзд до НПП с массами  $0.2M_{\odot} < M < 2.5M_{\odot}$ .

Оценка точности определения масс звёзд по теоретическим трекам проводится с помощью двойных звёзд Т Тельца, у которых надёжно определены абсолютные и относительные элементы орбиты. 11 из них наблюдаются как затменно-переменные и спектрально-двойные с двумя линиями в спектре и 3 как визуально-двойные и спектрально-двойные с двумя линиями в спектре (Dudorov et al., 2016). У звёзд с  $M > 1M_{\odot}$  массы, найденные по теоретическим трекам, достаточно хорошо согласуются с массами, полученными из наблюдений (средняя относительная погрешность примерно одинакова для всех треков и не превышает 7%). У звёзд с  $M < 1M_{\odot}$  погрешность определения масс существенно больше. Для треков DM94, Dartmouth2008 и BCAN15 средняя относительная погрешность составляет  $25 \div 26\%$ , для треков Padova она несколько меньше:  $\sim 18\%$ . Таким образом, нельзя отдать предпочтение каким-либо из рассматриваемых треков.

Изохроны всех авторов при  $T_{eff} > 4000$  К различаются несущественно. При  $T_{eff} < 4000$  К изохроны DM94 расположены несколько ниже, чем у Dartmouth2008 и BCAN15 (возраст звёзд будет меньше), а изохроны Padova – существенно выше (возраст звёзд будет больше). Причём различие увеличивается при приближении к ZAMS и может достигать более 15 млн. лет при  $T_{eff} < 3000$  К.

## Анализ фотометрических наблюдений ярких объектов GAIA на телескопах обсерватории TUBITAK

*Галеев А. И.<sup>1,2</sup>, Маричева М. И.<sup>1</sup>, Нурьев Н. Н.<sup>1</sup>, Хамитов И. М.<sup>3</sup>, Эсеноглу Х.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup>Академия наук Республики Татарстан

<sup>3</sup>Турецкая национальная обсерватория TUBITAK

<sup>4</sup>Стамбульский университет

*Almaz.Galeev2@kpfu.ru*

В 2015 – 2017 гг. на 1.5-м Российско-Турецком телескопе (РТТ-150), 1-м телескопе (Т-100) и 60-см телескопе (Т-60) Турецкой национальной обсерватории TUBITAK были выполнены долговременные одноцветные и BVR-наблюдения более 20 новых оптических источников – кандидатов в катаклизмические переменные, которые были открыты космическим телескопом GAIA. Для большинства объектов проведены серии повторных наблюдений, а также получены спектры умеренного разрешения на спектрографе TFOSC телескопа РТТ-150, что позволит получить достоверную информацию о природе этих источников.

В данной работе представлены предварительные результаты обработки и анализа фотометрических наблюдений для ряда объектов выборки. Так, звезда GAIA14aat в течение месяца показала резкое падение блеска от вспышки почти на 4 звёздных величины, тогда как объекты GAIA14aan и GAIA15aao демонстрируют незначительные вариации блеска в спокойном состоянии.

Обработка наблюдений на телескопах РТТ-150 и Т-100, полученных в течение 7 ночей за период с 09.04.2016 по 05.04.17, для уникальной затменной катаклизмической переменной звезды GAIA14aae позволила уточнить значение орбитального периода, составляющее 49.7 минут и согласующееся с литературными значениями. Полученная кривая блеска звезды, подтверждает, что объект GAIA14aae является тесной двойной системой с глубокими затмениями достигающими  $2.5^m$ . Цветовые характеристики объекта в фильтрах BVR по наблюдениям на телескопе Т-60, полученным вне затмений, соответствуют параметрам белого карлика.

## Цифровая версия каталогов Плана Г. А. Шайна

*Горбунов М. А., Шляпников А. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*mag@crasrimea.ru*

При реализации Плана академика Г. А. Шайна по изучению структуры Галактики создано 14 каталогов, содержащих информацию о звёздных величинах, показателях цвета и спектральных классах  $\sim 35000$  звёзд. Они опубликованы в 9-ти томах «Известий Крымской астрофизической обсерватории» с 1953 по 1963 годы, в 7-м томе Трудов Рижской астрофизической лаборатории 1958 года, в 7-м томе Бюллетеня Вильнюсской астрономической обсерватории 1963 года и в 136-м томе Сообщений ГАИШ в 1964 году. В 2007 году начал перевод каталогов в машиночитаемый формат.

Две основные проблемы возникли при создании цифровых версий каталогов. Первая – часть из них для отождествления объектов содержала идентификационные карты. Вторая часть – координаты, но с невысокой точностью ( $\sim 1'$ ). Для решения первой задачи нами предложен метод съёма информации о координатах звёзд по поисковым картам с помощью интерактивного атласа неба Aladin. После сканирования идентификационных карт и их астрометрической калибровки, вторым планом на них накладывался каталог ТУСНО. Соответствие объектов их номеру отображалось в консоли Aladina, после чего формировался файл с исходными данными для звёзд каталога и их координатами. Вторая задача решалась методом кросс-идентификации объектов по координатам каталогов Плана Шайна и ТУСНО в пределах ошибок исходного каталога. В случае отсутствия идентифицируемых объектов в каталоге ТУСНО, информация об их координатах бралась из других каталогов. После формирования цифровой версии каталогов они проходили аудиовизуальный контроль соответствия напечатанному оригиналу. Финальной процедурой стала подготовка интероперабельной версии каталогов в форматах, поддерживаемых приложениями Международной виртуальной обсерватории. Весь процесс подготовки цифровых версий каталогов, опубликованных по Плану Шайна, рассмотрен в представляемом докладе.

## Наблюдение звёзд из каталога GTSh-10

*Горбунов М. А., Москвин В. В., Рублевский А. Н., Шляпников А. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*mag@crasrimea.ru*

В работе представлены наблюдения 61 переменной звезды, выполненные в сезон 2016 года. Основную часть объектов составляют звёзды с активностью солнечного типа включённые в каталог GTSh-10. Семь переменных других типов являются объектами поля и их оценки блеска также были определены. Наблюдения выполнялись на менисковом телескопе Маскутова – МТМ-500 КрАО с матрицей Arogee U6 (размер ПЗС  $2.4 \times 2.4$  см, размер пикселя 24 микрон, поле  $1024 \times 1024$  пикселей, масштаб  $\sim 0.7''/\text{пиксель}$ ) в цветовой системе U, B, V, R, I близкой к стандартной.

Доклад проиллюстрирован поисковыми картами для наблюдавшихся объектов. В таблице приводится основная информация о звёздах (координаты, названия, тип переменности и её амплитуда) и блеск объектов на моменты наблюдений в полосах U, B, V, R, I.

## Активность рентгеновской двойной системы SAX J2103.5+4545 в оптическом и ИК диапазонах в 2004 – 2017 гг.

*Гришина Т. С.<sup>1</sup>, Ларионов В. М.<sup>1</sup>, Ефимова Н. В.<sup>2</sup>, Ларионова Е. Г.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

*t.s.grishina@spbu.ru*

Произведен анализ наблюдательных данных рентгеновской двойной системы SAX J2103.5+4545. Данные получены на телескопах АЗТ-8 (КрАО), LX-200 (СПБГУ) и АЗТ-24 (Кампо Императоре). Приводим оценки фотометрических характеристик объекта в разных фазах активности.

## Исследование звёздной системы $\sigma$ Sco

*Игнатов В. К.<sup>1</sup>, Цымбал В. В.<sup>1</sup>, Ткаченко А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского  
<sup>2</sup>Instituut voor Sterrenkunde, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium  
*vmir88@gmail.com*

На основании спектров, полученных на CORALIE спектрографе 1.2-м телескопа обсерватории Ла-Силья (Чили) исследовалась звёздная система  $\sigma$  Скорпиона. Использовался программный комплекс LSDbinary.

## Влияние седиментации пыли на магнитное поле аккреционных дисков молодых звёзд

*Хайбрахманов С. А.<sup>1,2</sup>, Писклова М. А.<sup>2</sup>, Дудоров А. Е.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина  
<sup>2</sup>Челябинский государственный университет  
*khaibrakhmanov@csu.ru*

Предложена модификация кинематической МГД-модели аккреционных дисков Дудорова и Хайбрахманова (2014) с остаточным магнитным полем с учётом седиментации пыли. Распределение пылинок в диске определяется численно из уравнения седиментации пыли. Степень ударной ионизации определяется из стационарного уравнения Спитцера с учётом ионизации космическими лучами, рентгеновским излучением и радиоактивными элементами, лучистых рекомбинаций и рекомбинаций на пыли. Тепловая ионизация вычисляется из уравнения Саха. Магнитное поле рассчитывается с учётом омической и магнитной амбиполярной диффузии, плавучести магнитного поля и эффекта Холла.

Показано, что концентрация пыли в верхних слоях диска уменьшается за счёт седиментации частиц, что приводит к увеличению степени ионизации на несколько порядков на высоте, равной характерной полутолщине диска. Увеличение степени ионизации приводит к сужению «мёртвой» зоны в вертикальном направлении. Магнитное поле становится вмороженным и приобретает квазиазимутальную геометрию в верхних слоях диска.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 15-12-10017).

## Магнитокавитационная модель образования плазменных выбросов из атмосферы красного карлика

*Кийков С. О.*

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)  
*kikov@susu.ru*

Изучается процесс образования выбросов плазмы из атмосферы красного карлика. Предполагается, что выбросы могут происходить вместе со вспышками, наблюдаемыми в атмосферах этих звёзд. Рассматривается магнитокавитационная модель, согласно которой, выбросы возникают в результате разрушения плазмоедов в атмосфере красного карлика, сопровождаемые магнитным пересоединением. Причинами таких разрушений могут быть резонансные волновые процессы и ударные волны в атмосферах. Выполнены оценки параметров плазменных выбросов.

## Взаимодействие струи из аккрецирующей нейтронной звезды с межзвёздной средой

*Кийков С. О.*

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)

*kiikov@susu.ru*

Рассматривается процесс взаимодействия между сверхзвуковой плазменной струей из аккрецирующей нейтронной звезды и внешней межзвёздной средой. Предполагается, что струя запускается из аккреционного диска вдоль открытых силовых линий магнитного поля диска. Рассчитаны параметры течения плазмы в области взаимодействия струи с внешней межзвёздной плазмой.

## Межзвёздное поглощение в высоких галактических широтах: использование современных фотометрических обзоров

*Кильпино Е. Ю.<sup>1</sup>, Карпов С. В.<sup>2</sup>, Малков О. Ю.<sup>1</sup>, Миронов А. В.<sup>3</sup>, Сичевский С. Г.<sup>1</sup>, Длужневская О. Б.<sup>1</sup>, Жао Г.<sup>4</sup>, Жуков А. О.<sup>1</sup>, Ковалева Д. А.<sup>1</sup>, Мерфи Дж.<sup>5</sup>, Микаэлян А.<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>4</sup>Национальные астрономические обсерватории академии наук Китая

<sup>5</sup>Индийский институт астрофизики, Бангалор, Индия

<sup>6</sup>Бюраканская астрофизическая обсерватория, Армения

*lena@inasan.ru*

Для исследования структуры Галактики и распределения межзвёздной среды необходимо иметь представление о значениях межзвёздного поглощения в различных направлениях. Для решения этой задачи в работе предложена процедура, использующая многоцветную фотометрию (предварительно кросс-отождествленных в современных больших обзорах) звёзд. Эти наблюдательные данные сравниваются с синтетической фотометрией, моделируемой в различных предположениях о параметрах звезды и величины межзвёздного поглощения в её направлении. Проведено сравнение результатов, полученных для нескольких высокоширотных площадок, с независимыми наблюдательными данными, обнаружено неплохое согласие результатов сравнения. Описанная процедура позволяет определять параметры звёзд и межзвёздной среды по крайней мере для высоких галактических широт и позволяет, таким образом, сделать важные шаги к построению трёхмерной карты межзвёздного поглощения в Галактике.

## Анализ оптического циклотронного излучения поляр CRTS CSS081231 J071126+440405

*Колбин А. И.<sup>1</sup>, Серебрякова Н. А.<sup>1</sup>, Габдеев М. М.<sup>2</sup>, Борисов Н. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*kolbinalexander@mail.ru*

Поляры (звёзды типа AM Her) представляют собой тесные двойные системы, состоящие из сильно намагниченного белого карлика ( $B \sim 10 - 100$  МГс) и холодного карлика главной последовательности, заполняющего свою полость Роша. Теряемое холодным компонентом вещество аккрецирует на поверхность белого карлика вблизи его магнитных полюсов, образуя аккреционные пятна. Эти пятна являются мощным источником циклотронного излучения, наблюдаемого в оптическом диапазоне.

В настоящей работе выполнен анализ временного ряда спектров и фотополяриметрических данных поляр CRTS CSS081231 J071126+440405. Спектральный мониторинг поляр провидился в двух последовательных ночах на телескопе БТА САО РАН. Проведено моделирование спектров при помощи простой модели аккреционных пятен. Получены оценки магнитных полей пятен ( $B_1 = 39$  МГс,  $B_2 = 50$  МГс) и их температур ( $kT \sim 30$  кэВ). Выполнено моделирование кривой блеска и кривой круговой поляризации, позволяющее судить об ориентации магнитного диполя белого карлика.

## Эффекты отклонения от ЛТР линий гелия у поздних В-звёзд

*Коротин С. А.<sup>1</sup>, Рябчикова Т. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

*serkor1@mail.ru*

Для исследования отклонений от локального термодинамического равновесия (ЛТР) при формировании линий гелия у звёзд с эффективными температурами от 10000 К до 20000 К была построена модель атома гелия, состоящая из 105 уровней HeI и 56 уровней HeII.

Рассматривались 218 радиативных переходов между всеми уровнями HeI до  $n = 7$ , включительно, и основным уровнем HeII. Для всех переходов были учтены следующие параметры уширения: естественное затухание, эффекты Штарка и Ван-дер-Ваальса и микротурбулентная скорость. Для 203 ударных переходов использовались детальные квантовомеханические расчёты, остальные ударные переходы описывались приближенными формулами Ситона (1962) и Михаласа (1968).

Для ряда звёзд с эффективными температурами от 10400 К до 17500 К определено содержание HeI. Линии нейтрального гелия у В-звёзд не удастся описать при ЛТР-подходе с помощью одного содержания элемента. Кроме того, профили ряда линий вообще невозможно описать в рамках ЛТР-подхода. Напротив, учёт отклонений от ЛТР позволяет добиться удовлетворительного совпадения теоретических и наблюдаемых профилей для всего набора линий гелия, наблюдаемых в оптической области, с использованием практически одного и того же содержания элемента. Содержание гелия, определённое при ЛТР и не-ЛТР подходе может различаться до 2–3 раз, в зависимости от параметров звезды. Чем выше температура звезды – тем отклонения от ЛТР выше. Как правило, линии в синей области менее подвержены влиянию не-ЛТР-эффектов. В атмосферах 4-х исследованных звёзд содержание гелия в пределах ошибок соответствует солнечному значению.

## Квантово-механический подход к описанию поляризованного просветления фотосферы белого карлика с сильным магнитным полем для инфракрасного излучения

*Корягин С. А.*

Институт прикладной физики РАН

*koryagin@ipfran.ru*

В условиях фотосферы одиночного белого карлика с температурой порядка одного электрон-вольта и магнитным полем свыше десяти мегагаусс существенно уменьшается коэффициент столкновительного поглощения излучения для необыкновенной волны (поляризованной поперёк внешнего магнитного поля). При классическом описании движения частиц, поляризованное просветление замагниченной плазмы обусловлено наличием полностью связанных электронных траекторий с положительной энергией вблизи протона. Такие траектории существенно ограничивают фазовое пространство, доступное свободным частицам вблизи рассеивающего центра по сравнению со случаем отсутствия магнитного поля. В квантовом подходе классические полностью связанные траектории соответствуют так называемым долгоживущим автоионизационным состояниям. Радиационные переходы между автоионизационными состояниями перераспределяют спектральную мощность тормозного излучения электрона из континуума в не перекрывающиеся между собой линии. В работе вычислены квантово-механические вероятности радиационного перехода электрона между состояниями континуума при столкновении с протоном. Показано, что в квантовом пределе сохраняется поляризованное просветление фотосферы магнитного белого для необыкновенной волны. В результате высокая линейная поляризация наблюдаемого инфракрасного излучения одиночных белых карликов с наиболее сильным квантующим магнитным полем может быть обусловлена тем, что, в результате поляризованного просветления, необыкновенные волны выходят из более глубоких и горячих слоёв фотосферы, чем волны ортогональной поляризации.

## Ионизационная структура протопланетных дисков

*Кочина О. В., Акимкин В. В.*

Институт астрономии РАН

*okochina@inasan.ru*

В докладе представлено исследование ионизационной структуры протопланетных дисков с детальным учётом зарядки пылинок. В работе объединены два подхода к расчёту ионизационной структуры дисков. Одна из представленных моделей (Ivlev et al. 2016) позволяет детально рассчитывать степень ионизации среды, где основная рекомбинация происходит на поверхности пылинок. В разреженной атмосфере диска и на его периферии основная рекомбинация происходит в газовой фазе, что определяет необходимость использования системы уравнений химической кинетики (Кочина и др. 2014, Akimkin et al., 2013). Объединение данных подходов позволяет проследивать степень ионизации среды по всему объёму диска. Главным отличием от уже существующих моделей является отсутствие искусственных априорных предположений о функции распределения пылинок по размерам и зарядам. Описанные методы позволяют исследовать развитие магнито-ротационной неустойчивости, коагуляцию заряженной пыли и химическую структуру протопланетных дисков.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-32-00012 мол\_а.

## Супервспышки мазера H<sub>2</sub>O в источнике IRAS 18316-0602

*Лехт Е. Е.<sup>1</sup>, Пащенко М. И.<sup>1</sup>, Рудницкий Г. М.<sup>1</sup>, Толмачёв А. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*eelekht@mail.ru*

Сообщается о результатах многолетних наблюдений источника IRAS 18316-0602 в линии водяного пара 1.35 см на радиотелескопе РТ-22 ПРАО в период 2002 – 2017 гг. со спектральным разрешением 0.0822 ка/с. Обнаружены три супервспышки в 2002, 2010 и 2016 – 2017 гг. с потоками в максимумах 3400, 19000 и 46000 Ян, соответственно. Все они происходили в периоды высокой активности мазерного источника.

Вспышка 2010 г. была связана с активизацией излучения двух компонентов. Для них был обнаружен дрейф максимумов излучения по лучевой скорости, который связан с ускоренным движением соответствующих мазерных конденсаций под воздействием сильной ударной волны.

С учётом расстояний вспышка 2016 – 2017 гг. по мощности была сравнима со знаменитой вспышкой в Орионе KL, достигающей нескольких миллионов Янских. Она имела глобальный для источника характер и, вероятнее всего, также связана с сильной ударной волной от центрального источника. Обнаружены коррелированные с ней вариации потоков других деталей и их быстрое высвечивание. Всё это свидетельствует о том, что имеется компактное скопление мазерных конденсаций малых размеров. Никаких организованных структур (например, в виде цепочек, волокон и др.) не обнаружено.

Показано, что супервспышки 2010 и 2016 гг. связаны с разными скоплениями мазерных конденсаций.



## Переменность мазерного излучения $\text{H}_2\text{O}$ в молодом звёздном объекте GH2O 092.67+03.07

*Лехт Е. Е.<sup>1</sup>, Пащенко М. И.<sup>1</sup>, Рудницкий Г. М.<sup>1</sup>, Толмачёв А. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*eelekht@mail.ru*

Представлены результаты мониторинга мазера  $\text{H}_2\text{O}$  в направлении молодого звёздного объекта GH2O 092.67+03.07, расположенного в гигантском молекулярном облаке Cygnus OB7. Наблюдения выполнены на 22-метровом радиотелескопе Пушинской радиоастрономической обсерватории в период 2006 – 2017 гг. Обнаружено несколько сильных всплесков мазера  $\text{H}_2\text{O}$ . Самая мощная вспышка произошла в 2011 г. на лучевой скорости  $-14.3$  км/с с потоком в максимуме излучения около 20000 Янских.

Все всплески сопровождались сложными изменениями структуры спектров в соответствующих диапазонах лучевых скоростей. Получено, что отдельные компоненты образуют структуры, как правило, в виде компактных скоплений мазерных конденсаций или цепочек протяженностью 1 – 2 а.е.

На рисунке показана переменность скорости отдельных спектральных компонентов, которая аппроксимирована отрезками прямых линий. Светлыми кружками отмечены компоненты в эпохи наблюдений, когда их потоки превышали 1800 Ян. Штрих-пунктирной горизонтальной линией нанесена скорость молекулярного облака CO. Проведено отождествление деталей с мазерными пятнами VLBA-карты.

Исследование переменности потоков, лучевых скоростей и формы линии компонентов 1a, 2, 3, 4, 6 и 9 показал наличие сильной фрагментации среды и существование мелкомасштабных турбулентных движений газа в областях генерации мазерного излучения водяного пара.

## Исследование морфологии биполярного звёздного джета симбиотической системы R Aqr с помощью камеры высокого разрешения WFC3/UVIS телескопа Хаббл

*Мельников С. Ю.<sup>1,2</sup>, Айслофель Й.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Государственная обсерватория Тюрингии, Таутенбург, Германия <sup>2</sup> Астрономический институт им. Улугбека АН РУз, Узбекистан

R Aquarii – одна из ближайших симбиотических систем, состоящая из пульсирующего красного гиганта (мирида) и горячего компаньона (предположительно белый карлик с аккреционным диском) и являющийся источником яркого биполярного газового джета. С помощью камеры WFC3/UVIS в 2013/14 получены изображения джета R Aqr в эмиссионной линии  $\text{H}\alpha$  и запрещенных линиях – [OIII]  $\lambda 5007$ , [OI]  $\lambda 6300$ , [NII]  $\lambda 6548$  Å, которые несут детальную информацию о состоянии газа в джете. Эти изображения раскрывают тонкую структуру и сложную динамику газовых выбросов. Прежде всего мы обнаружили высоко-коллимированный джет, который прослеживается на расстоянии до 900 а.е. в северо-восточном направлении. Изображения в [OIII], [OI] и [NII] обнаруживают винтовое продвижение газа, которое может быть объяснено прецессией джета, связанное с прецессией аккреционного диска.

Наряду с джетом присутствует поток газа низкого возбуждения с широким углом раскрытия. В северо-восточном направлении, широкий выброс газа и коллимированный джет хорошо разделены и их оси симметрии не совпадают. Измерения собственного движения газовых сгустков за 20-летний период подтверждают сценарий ускорения газа в пределах  $1''$  ( $\sim 200$  а.е.), в то время как на более далеких расстояниях движение газа начинает замедляться.

Мы сделали вывод, что джет коллимируется в системе белый карлик-диск, в то время как широкий выброс газа сформирован из звёздного ветра красного гиганта. Скорость и общее состояние газа в джете R Aqr аналогично звёздным джетам молодых звёзд.

## Определение фундаментальных параметров CP-звёзд

*Моисеева А. В., Романюк И. И., Семенко Е. А.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*amoiseeva@sao.ru*

Мы продолжаем исследование по циклу работ, цель которого представление результатов по измерению продольной составляющей магнитного поля CP-звёзд по зеемановским спектрам, полученным на 6-м телескопе БТА. В прошлом году мы начали анализировать не только магнитные поля, но и фундаментальные параметры звёзд.

Материал, послуживший основой для настоящего исследования, был получен в 2010 году на телескопе БТА в течение 28 ночей наблюдений по разным программам, состоит из 98 пар циркулярно-поляризованных спектров для 49 звёзд. Наблюдения велись в областях 4400 – 4900Å и 4100 – 4600Å. Средний сигнал/шум исследуемых спектров примерно 200 – 250. Для некоторых звёзд сигнал/шум довольно высок, в пределах 500 – 700. В частности, это яркие звёзды, в том числе и звёзды стандарты. Обработка и экстракция спектров проводилась стандартным образом с использованием системы обработки MIDAS в контексте ZEEMAN. Для нормировки спектров использовались пакеты системы IRAF.

В данной работе исследовались параметры: скорость вращения, лучевая скорость, эффективная температура, ускорение силы тяжести, светимость, масса, радиус и возраст. Основной метод исследования – это метод синтетических спектров.

В результате было обработано огромное количество материала за 2010 год наблюдений и проанализированы основные фундаментальные параметры CP-звёзд.

## Изучение массивных сверхновых в CAO РАН

*Москвитин А. С., Фатхуллин А. С.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*mosk@sao.ru*

Массивные сверхновые (принадлежащие ко II и Ib/c типам) являются завершающей стадией эволюции звёзд более 8 масс Солнца. Они представляют большой интерес для понимания звёздной эволюции, физики межзвёздной среды, космологии и других областей астрофизики.

С момента обнаружения связи гамма-всплесков и массивных сверхновых в 1998 году на телескопах CAO проводится поиск и изучение подобных событий. Среди сотен гамма-всплесков с открытыми оптическими компаньонами и тысяч сверхновых взаимосвязь между двумя этими классами явлений обнаруживается только на примере нескольких десятков объектов (Cano et al., 2017). Некоторые из них наблюдались в CAO, в том числе спектроскопически: GRB 030329/2003dh (Sokolov et al., 2003), GRB/XRF 060218/SN2006aj (Sonbas et al., 2008), XRF 080109/SN2008D (Moskvitin et al., 2010), GRB 090618 (Cano et al., 2011), GRB 130427A/SN2013cq, GRB 150818A и другие.

Кривые блеска таких событий отличаются от степенных законов обычных послесвечений присутствием поярчания или выраженного максимума спустя около 10 дней после триггера. Фотометрические данные, полученные на телескопах CAO и других обсерваторий, использовались не только для построения многоцветных кривых блеска, но и для проверки калибровок спектров, построения распределений энергии и разделения вклада компонент. Признаки вклада сверхновой для самых ярких объектов наблюдались спектроскопически в виде присутствия широких линий ионизованного железа, кальция, кислорода, других тяжёлых элементов и, возможно, водорода с характерными P Cug профилями и скоростями расширения около 30000 км/с. Анализ физических параметров расширяющейся оболочки таких объектов говорит о том, что они сопоставимы с аналогичными характеристиками обычных массивных сверхновых, не связанных с гамма-всплесками.

Менее 1% всех сверхновых составляют экстремально яркие,  $M \sim -21$ . Причины их возникновения могут быть связаны как с коллапсом ядра, так и с рождением электрон-позитронных пар. Изучение наблюдательных проявлений таких объектов – также важное звено в понимании физического механизма взрывов сверхновых. Для наблюдавшейся в CAO сверхновой SN 2009de удалось получить как спектральные данные, так и хорошие фотометрические ряды для построения кривой блеска, а также глубокие изображения родительской галактики.

## Моделирование спектра оптической компоненты двойной массивной рентгеновской системы IGR J21343+4738.

*Николаева Е. А., Бикмаев И. Ф., Шиманский В. В., Галеев А. И., Жучков Р. Я.,  
Иртуганов Э. Н., Мельников С. С., Сахибуллин Н. А.*

Казанский (Приволжский) федеральный университет

В работе представлены результаты многолетних (2006–2016) наблюдений двойной массивной рентгеновской системы IGR J21343+4738 на 1.5-метровом российско-турецком телескопе РТТ-150. Оптическим компонентом в системе IGR J21343+4738 является Ве-звезда. С 2006 по 2012 гг. происходило уменьшение яркости объекта, вследствие увеличения размеров экваториального диска заслоняющего звезду. Параллельно наблюдалось сужение ширины гелиевых линий из-за вклада эмиссий от экваториального диска. Поэтому из всего ряда наблюдений для анализа были отобраны спектры для избранных периодов, не содержащие эмиссионную компоненту от диска Ве-звезды. Построенная по линиям гелия кривая лучевых скоростей соответствует следующим орбитальным параметрам системы: период системы  $P = 40.00 \pm 0.06$  суток, эксцентриситет орбиты  $e = 0.75 \pm 0.1$ , полуамплитуда кривой лучевых скоростей  $K = 14 \pm 3$  км/с.

Выполнено моделирование спектров оптической компоненты двойной массивной рентгеновской системы IGR J21343+4738. Теоретические спектры были рассчитаны для широкого диапазона длин волн  $\lambda\lambda 5400 - 7080 \text{ \AA}$  в программном комплексе STAR, на основе моделей атмосфер одиночных звёзд с заданными параметрами ( $T_{eff}$ ,  $\log g$  и химический состав), полученными путем интерполяции сетки моделей Каstellли и Куруца. Расчёты выполнены с учетом не-ЛТР поправок для избранных линий. Наилучшее согласие между наблюдаемым и теоретическим спектрами было достигнуто при следующих параметрах атмосферы оптической компоненты:  $T_{eff} = 25000 \pm 1000$  К,  $\log g = 3.75 \pm 0.15$  dex,  $v_{rot} \sin i = 280$  км/с.

## Автоматическая подготовка маски для расчёта магнитных полей по поляризованным спектрам

*Панков Н. Ф.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*catspride@mail.ru*

Большой массив спектрополяриметрических данных, накопленных при наблюдениях на Зеркальном телескопе им. академика Г. А. Шайна, и соответствующие временные и трудовые затраты, необходимые для их обработки, привели к задаче автоматизации процесса, в частности, одного из этапов обработки – подготовки маски для расчёта магнитных полей. С этой целью было разработано специальное кроссплатформенное программное обеспечение с графическим интерфейсом и возможностью интерактивной работы как в ручном, так и полностью автоматическом режиме.

Программное обеспечение рассчитано на работу с поляриметрическими спектрами, нормированными к континууму. Спектры могут быть разделены на порядки по спектральным областям, а в каждом порядке возможно наличие данных множества наблюдений (для работы программы производится их усреднение). Для автоматического конструирования маски используется теоретический спектр, синтезируемый программой на основе файла, заранее полученного из каталога спектральных линий поглощения VALD (короткий формат). Предусмотрен ряд параметров и алгоритмов, позволяющих совместить синтетический спектр с наблюдаемыми данными. Так же реализована возможность добавления маски в ручном режиме, как по усреднённому наблюдательному спектру, так и по отдельным теоретическим линиям поглощения.

Программа позволяет визуализировать исходные данные, синтезированный спектр, их разницу, каталожные линии поглощения, саму маску. Остаточные интенсивности наблюдательных данных возможно редактировать, как и глубины отдельных линий поглощения теоретического спектра. Границами уже выбранной маски также можно манипулировать.

Приложение протестировано на ряде экспериментальных данных, показало высокую эффективность и используется в Крымской астрофизической обсерватории.

## Анализ карт массивных ядер с различной кинематикой с помощью 1D модели

*Пирогов Л. Е., Землянуха П. М.*

Институт прикладной физики РАН

*pirogov@appl.sci-nnov.ru*

Приводятся результаты использования 1D модели для описания наблюдаемых карт избранных плотных ядер, связанных с областями образования звёзд большой массы, в линиях HCO+(1-0), HCN(1-0), H<sup>13</sup>CO+(1-0) и H<sup>13</sup>CN(1-0) и имеющих морфологию, близкую к сферически-симметричной. Для моделирования были выбраны три ядра с различной кинематикой, профили оптически толстых линий которых имеют различный вид, указывая на коллапс, расширение, либо отсутствие систематических движений. Вписывание модельных профилей в наблюдаемые проводилось с помощью одновременного варьирования набора параметров, описывающих радиальные профили плотности, температуры, турбулентной скорости и систематических скоростей. Проводятся обсуждение полученных результатов.

Подготовка куба данных проведена за счёт гранта РФФИ (проект 15-02-06098), модернизация и оптимизация 1D модельного кода для аппроксимации куба данных с помощью набора модельных параметров проведены за счёт гранта РФФИ (проект 16-32-00873), анализ полученных результатов выполнен за счёт гранта Российского научного фонда (проект 17-12-01256).

## Фотометрическая активность звезды FK Com и поиск кандидатов в звёзды типа FK Com

*Пузин В. Б.<sup>1</sup>, Саванов И. С.<sup>1</sup>, Дмитриенко Е. С.<sup>2</sup>, Бурданов А. Ю.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>3</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

В докладе приведён анализ полного набора имеющихся фотометрических данных для FK Com (нового наблюдательного материала в 2013–2015 годах и данных литературных источников), выполненного по единой методике. Проанализированы временные ряды для блеска звезды в фильтрах *U*, *B* и *V*, амплитуды переменности блеска, суммарной площади пятен на поверхности звезды и среднего значения блеска каждого из рассматриваемого сетов наблюдений. На основе анализа определений положений активных областей на поверхности FK Com обнаружено существование двух систем активных областей на поверхности FK Com. При этом установлено, что положения каждой из этих систем претерпевают циклические изменения. Характерное время изменения положения первой из систем составляет порядка 3330 суток (9.12 года). Изменения положений второй активной области носят сложный характер, наилучшим образом они объясняются комбинацией времен переменности в 4140 суток (11.3 года) и 730 суток (2 года). В итоге было выделено 15 событий, рассматриваемых как переключение между системами активных областей. Определены величины доли поверхности звезды FK Com, покрытой пятнами – в среднем она составляет 17% от полной видимой поверхности звезды и меняется в пределах от 9% до 25%.

На основании анализа данных наблюдений космического телескопа Кеплер установлены восемь кандидатов в звёзды типа FK Com. Для кандидатов определены значения дифференциального вращения, долгот активных областей, наличия эффекта флип-флоп и циклов активности.

## Особенности динамики шаровых скоплений с чёрными дырами промежуточных масс

*Рябова М. В.<sup>1</sup>, Васильев Е. О.<sup>1,2</sup>, Горбан А. С.<sup>1</sup>, Шекинов Ю. А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Южный федеральный университет

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*eugstar@mail.ru*

В последнее время активно обсуждается вопрос о наличии среднemasсивной чёрной дыры в центре шаровых скоплений. Из-за отсутствия газа в шаровых скоплениях чёрные дыры не проявляют себя в рентгеновском и гамма диапазонах, поэтому в настоящей работе проводится исследование влияния такой чёрной дыры на динамические характеристики звёзд в скоплении, в частности, на популяцию двойных систем. Показано, что при отсутствии чёрной дыры в центре скопления, в моделях без первичных двойных звёзд наблюдается коллапс ядра, который заканчивается с образованием первых двойных систем. При наличии чёрной дыры коллапс ядра отсутствует, и двойные звёзды не образуются. Среднemasсивная чёрная дыра образует тесную двойную систему, которая оказывает значительное влияние на кинематику центральной части скопления.

## Оценки физических параметров молекулярных сгустков в массивном волокне по радиолиниям метанола

*Салый С. В.<sup>1</sup>, Курсанова М. С.<sup>2</sup>, Соболев А. М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Коуровская астрономическая обсерватория УрФУ

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

*Svetlana.Salii@urfu.ru*

Предполагается, что образование молодых звёздных скоплений происходит в сгустках газа, образовавшихся при фрагментации волокон, из которых состоят молекулярные облака.

На 20-метровом радиотелескопе обсерватории Онсала проведено картографирование излучения молекул в массивном молекулярном волокне, из которого предположительно образовались молодые звёздные скопления G173.57+2.43, S233-IR, WB673 и WB668.

По квартету линий метанола на частоте 96.7 ГГц получены оценки физических параметров газа в молекулярных сгустках, ассоциирующихся с молодыми звёздными скоплениями. Согласно оценкам, во всех сгустках наблюдавшегося газового волокна температура газа варьируется от 20 до 50 К, плотность не более  $3.2 \times 10^5 \text{ см}^{-3}$  и обилие метанола относительно водорода превышает  $10^{-7}$ , что характерно для объектов на ранних стадиях звездообразования.

Близость значений физических параметров во всех исследуемых молекулярных сгустках предполагает сходство эволюционных стадий сгустков, что согласуется с гипотезой о том, что эти объекты образовались при фрагментации единого молекулярного волокна.

## Детектирование пульсаров

*Сергеев С. И.*

Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина»

*sergey@sergeev.tv*

Пульсары являются единственным типом астрофизических объектов, для которых запаздывание импульсов поддаётся измерениям. Задержка радиоизлучения обусловлена тем, что показатель преломления плазмы зависит от длины волны. Так как наблюдения всегда ведутся в широкой полосе длин волн, наличие запаздывания мешает детектированию импульсов пульсаров. Величиной, определяющей запаздывание импульсов излучения космических объектов является мера дисперсии.

Без коррекции дисперсии, наблюдение пульсаров в широкой полосе частот становится невозможным. Если величина запаздывания становится соизмерима с периодом пульсара, то энергия импульсов «размажется» по всему периоду.

В настоящей работе исследуется применение время-частотных преобразований класса Коэна, к которым относится интегральное преобразование Вигнера-Вилля, Пейджа, Чои-Вильямса. Дополнительным методом, позволяющим получить некоторые преимущества, является дробное Фурье преобразование. Одним из преимуществ преобразования Вигнера-Вилля является его хорошее время-частотное разрешение, существенно превосходящее то, которое обеспечивается традиционным динамическим (оконым) преобразованием Фурье (ДПФ).

## Исследование влияния энергии десорбции атомарного кислорода на химическую эволюцию в областях звёздообразования

*Соколова В. А.<sup>1</sup>, Островский А. Б.<sup>1</sup>, Васюнин А. И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics, Garching, Germany

*sokolova.valerie@gmail.com*

Энергии десорбции атомов и молекул в значительной степени определяют протекание химических процессов на поверхности пылевых частиц, а также химический состав межзвёздной среды. Кислород является одним из наиболее химически активных и обильных элементов в межзвёздной среде, а так же одним из ключевых химических элементов, необходимых для возникновения и развития жизни. Долгое время при моделировании химических процессов использовалось теоретически оцененное значение энергии десорбции  $E_b^o = 800$  К, но в недавних исследованиях (He 2015, Minissale 2016) удалось экспериментально определить энергию десорбции атомарного кислорода, и оказалось, что она приблизительно в два раза превышает прежнее значение. В работе анализируется, насколько сильно изменится протекание химических реакций на поверхности пыли и в газовой среде при использовании вновь определённого значения  $E_b^o = 1850$  К. При моделировании процессов химической эволюции использовались модели холодного тёмного облака и коллапса из полупрозрачного облака в тёмное. Показано, что в целом значительных изменений химической эволюции в условиях выбранных моделей объектов не произошло, но формирование некоторых молекул оказалось чувствительным к замене традиционно принятого значения энергии десорбции кислорода на вновь определённое. Такими молекулами оказались:  $O_3$  для модели холодного тёмного облака,  $O_2H$ ,  $H_2O_2$ ,  $O_3$ ,  $H_2C_3O$ ,  $HC_2O$  для первой «холодной» стадии модели коллапса и  $C$ ,  $O$ ,  $O_2$ ,  $CS$ ,  $SO$  на стадии нагрева в этой же модели. Для данных частиц был проведён анализ цепочек их формирования.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук, проект МК-8005.2016.2.

## Спектральные и фотометрические наблюдения симбиотической новой PU Vul в 2009 – 2016 гг.

*Тарасова Т. Н.<sup>1</sup>, Татарникова А. А.<sup>2</sup>, Колотилов Е. А.<sup>3</sup>, Шугаров С. Ю.<sup>2,4</sup>, Бурлак М. А.<sup>2</sup>, Татарников А. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>3</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

<sup>4</sup>Астрономический институт Словацкой академии наук

*taya\_tarasova@mail.ru*

Рассмотрены результаты спектральных с низким разрешением и фотометрических в полосах UBVR I наблюдений симбиотической новой PU Vul, находящейся на небулярной стадии эволюции после вспышки 1979 г. Анализ данных показал, что к третьему после вспышки орбитальному циклу кривая блеска приобрела синусоидальную форму (с амплитудой в фильтре U около 0.75 mag), характерную для симбиотических звёзд, находящихся в спокойном состоянии. При этом на кривой блеска в фильтрах VRI стали четко выделяться колебания, связанные с пульсациями холодного компонента (причем, амплитуда увеличивается от 0.5 mag в полосе V до 0.8 mag в I).

На распределение энергии в континууме оказывают влияние не только указанные выше два фактора переменности, но и медленное изменение параметров горячего компонента в процессе эволюции системы после вспышки 1979 г. Переменность в линиях носит сложный характер. В соответствии с орбитальной фазой меняются только потоки в линиях водорода. Характерной особенностью третьего орбитального цикла является появление в спектре линии Рамановского рассеяния OVI, 8828 Å. При орбитальной фазе, близкой к максимуму блеска в 2014 г. оценка температуры горячего компонента по методу Занстра для линии HeII 4686 Å составляла около 150000 К. Спектральный класс красного гиганта, оцененный по полосе VO вблизи пульсационного минимума, оказался близок к M6.

## Мониторинг средних профилей пульсаров по данным новой многолучевой диаграммы БСА ФИАН

*Торопов М. О.<sup>1</sup>, Родин А. Е.<sup>2</sup>, Самодуров В. А.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>ООО «АНТ-Сервис»

<sup>2</sup>Пушкинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

*samod@mail.ru*

С июля 2014 года на антенне БСА ФИАН проводится ежедневный обзор неба на частоте 110 МГц в полосе 2.5 МГц в 96-лучевом 32-частотном режиме с постоянной времени 12.5 мс. Частота оцифровки и запись данных на многих частотах позволяет осуществлять задачу мониторинга потока пульсаров в течении длительного промежутка времени. Для решения этой задачи были написана программа на C++ в кроссплатформенной среде разработки Qt5.

Использование специальных калибровочных сигналов позволяет перевести начальные единицы измерения в антенные градусы, а в дальнейшем (после дополнительной калибровки данных по опорным радиоисточникам) перейти к шкале плотностей потоков в Янски. Пульсары являются слабыми источниками радиоизлучения, поэтому необходимо складывать множество импульсов с учётом периода и фазы прихода импульсов пульсара для увеличения отношения сигнал/шум – как внутри одного сеанса наблюдений (несколько минут прохождения пульсара сквозь диаграмму БСА), так и на протяжении многих сеансов. Алгоритмы расчёта компенсируют дисперсионную задержку сигнала в межзвёздной среде для каждого частотного канала и суммирует импульсы синхронно с периодом пульсара. При этом учитываются поправки на движение наблюдателя относительно пульсара. Для определения эпохи прибытия отдельных импульсов используются: фундаментальные астрономические алгоритмы проекта SOFA, эфемериды DE430/LE430 лаборатории JPL, разность между всемирным координированным временем UTC и всемирным временем среднего гринвичского меридиана UT1, отражающим действительное вращение Земли.

Программа позволяет строить средние профили пульсаров по результатам наблюдений с учётом фазы пульсара как по данным ежедневных наблюдений, так и по данным наблюдений в течение месяцев и лет. Из изменений средних профилей нетрудно получить график изменений потока пульсаров. В данной работе представлены изменения профилей нескольких пульсаров на протяжении нескольких лет наблюдений.

## Динамика магнитных силовых трубок и ИК-переменность молодых звёздных объектов

*Хайбрахманов С. А.<sup>1,2</sup>, Дудоров А. Е.<sup>2</sup>, Соболев А. М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Челябинский государственный университет

*khaibrakhmanov@csu.ru*

Исследуется динамика магнитных силовых трубок (МСТ) в областях генерации тороидального магнитного поля аккреционных дисков молодых звёзд. Система дифференциальных уравнений модели записана с учётом аэродинамического и турбулентного трения, лучистого теплообмена. Уравнения решаются методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности с автоматическим выбором шага. Структура аккреционных дисков рассчитывается с помощью кинематической МГД-модели аккреционных дисков Дудорова и Хайбрахманова (Dudorov & Khaibrakhmanov, 2014).

Расчёты для случая движения в диске без внешнего магнитного поля показывают, что МСТ всплывают из диска со скоростями 1 – 7 км/с в зависимости от начальных значений радиуса и интенсивности магнитного поля. По мере всплытия МСТ расширяются, и над диском их размер становится сравним с шкалой высоты диска, то есть МСТ формируют замагниченную корону диска. При наличии внешнего магнитного поля МСТ всплывают из диска, теряют плавучесть и начинают совершать колебания на высотах 3 – 5 шкал высоты. Колебания сопровождаются периодическими вариациями радиуса, плотности и температуры МСТ. На примере аккреционных дисков молодых звёздных объектов (МЗО) в области звёздообразования Chameleon I показано, что обнаруженное осциллирующее поведение МСТ может обуславливать наблюдаемую ИК-переменность МЗО как за счёт собственных температурных вариаций, так и за счёт периодического экранирования излучения звезды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 15-12-10017).

## Циклическая переменность ВF Ori, неустойчивый длинный цикл или два коротких?

*Шаховской Д. Н.<sup>1</sup>, Белан С. П.<sup>1</sup>, Ростопчина А. Н.<sup>1</sup>, Антонюк К. А.<sup>1</sup>, Османов М. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>КФГУ

*d.shakhovskoy@gmail.com*

Анализ фотометрической переменности звезды Ae Хербига ВF Ori с целью уточнения характеристик циклической переменности, обнаруженной в 1998 году, указывает на более сложный характер переменности. Ранее обнаруженный период 2000 дней в более поздних наблюдениях замечен, но со смещённой фазой. Предложены две интерпретации этой «квазипериодической» переменности, более предпочтительной из которых является наличие двух коротких циклов с периодами 308 и 437 дней.



## Наблюдения галактических $\text{H}_2\text{O}$ мазеров со сверхвысоким угловым разрешением на космическом интерферометре РадиоАстрон

*Шахворостова Н. Н.<sup>1</sup>, Алакоз А. В.<sup>1</sup>, Соболев А. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

*nadya.shakh@gmail.com*

В рамках обзорной программы РадиоАстрона в период с 2012 по 2015 гг. были проведены наблюдения галактических  $\text{H}_2\text{O}$  мазеров в 19 областях звездообразования и оболочках 8 звёзд поздних спектральных классов. Интерферометрический отклик был получен в направлении 7 мазеров  $\text{H}_2\text{O}$  в областях звездообразования, в направлении оболочек звёзд сигнал не был обнаружен. В работе приводится полная статистика детектированных в обзорных сеансах наблюдений на РадиоАстроне в зависимости от длины наземно-космической базы.

Высокое угловое и спектральное разрешение интерферометра позволяет наложить ограничения на угловые размеры наиболее компактных областей мазерного излучения, а также оценить яркостные температуры этих источников. В работе представлены текущие результаты обработки данных обзорной программы наблюдений  $\text{H}_2\text{O}$  мазеров. Приводятся оценки яркостных температур и угловых размеров ряда компактных мазерных деталей в областях звездообразования Serpens A, W3 Irs5, Orion KL, W49 N, W3 OH, OH43.8. Типичные значения яркостной температуры для этих источников составили  $10^{14} - 10^{16}$  К, угловых размеров – 22 – 60 и более микросекунд дуги, что соответствует линейным размерам порядка 5 – 10 млн. км. Наилучшее линейное разрешение достигнуто для источника в Орионе – 4 млн. км. Наилучшее угловое разрешение – 23 мксек – для источника W49 N.

## Мониторинг переменности мазеров $\text{H}_2\text{O}$ на радиотелескопе РТ-22 КраО (Симеиз) в рамках поддержки космической миссии РадиоАстрон

*Шахворостова Н. Н.<sup>1</sup>, Вольвач А. Е.<sup>2</sup>, Вольвач Л. Н.<sup>2</sup>, Алакоз А. В.<sup>1</sup>, Баяндина О. С.<sup>1</sup>, Вальтц И. Е.<sup>1</sup>, Лехт Е. Е.<sup>3</sup>, Рудницкий Г. М.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*nadya.shakh@gmail.com*

Мазеры  $\text{H}_2\text{O}$  в областях звездообразования дают информацию об условиях фрагментации молекулярных облаков и формировании протозвёзд. Высокое угловое разрешение РадиоАстрона позволит обнаружить мазерные пятна размером в несколько десятков угловых микросекунд, связанные с наиболее компактными и динамичными структурами в этих областях. Однако эти мазеры сильно переменны, что создает трудности для отбора источников и планирования наблюдений и требует проведения длительного мониторинга. Нами были отобраны источники G25.65+1.05, G25.825-0.178, G27.184-0.082, G34.403+0.233, G35.20-0.74, G43.8-0.13, G107.30+5.64, имеющие интересные астрофизические особенности, в которых плотность потока в мазерной линии  $\text{H}_2\text{O}$  составляет более 200 Ян. Такое пороговое значение выбрано исходя из чувствительности интерферометра РадиоАстрон.

Мониторинг выполнялся с 25 апреля по 13 июня 2017 г. в 5-ти циклах наблюдений. Диаграмма направленности на уровне половинной мощности составляла около  $150''$ . Измерения проводились на частоте 22 ГГц с использованием криоэлектронного радиометра с криогенным охлаждением и Фурье спектроанализатора параллельного типа. Антенная температура принимаемого излучения контролировалась по сигналу от генератора шума. В докладе представлены ряды спектров и параметры мазерных линий, проведён подробный анализ спектральных деталей и их сравнение с наблюдавшимися ранее на других телескопах. Подтверждена относительная стабильность и требуемая величина плотности потока на протяжении периода наблюдений на РТ-22 и их пригодность для исследований на РадиоАстроне.

## Нестационарная ионизация в оболочках сверхновых II типа на фотосферной фазе

*Шахворостова Н. Н.<sup>1</sup>, Поташов М. Ш.<sup>2</sup>, Блинников С. И.<sup>2</sup>, Утробин В. П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup> - Институт теоретической и экспериментальной физики им. А. И. Алиханова

*nadya.shakh@gmail.com*

Рассматривается эффект нестационарности в кинетике ионизации и переходах в линиях водорода в сверхновых типа II в течение фотосферной фазы. Учёт временно-зависимой ионизации в оболочках сверхновых позволяет моделировать спектры излучения с большей точностью (в частности, эмиссию в линии H $\alpha$ ), в сравнении с расчётами в предположении стационарной ионизации. Ряд авторов на примере моделей SN 1987A и SN 1999em утверждает, что выраженность эффекта нестационарности зависит от принятого в расчётах числа уровней в модели атома водорода. В данной работе проводится анализ ряда эффектов, оказывающих влияние на нестационарную кинетику, и количественно оценивается их вклад на примере сверхновой SN 1999em с хорошо выраженной стадией плато на кривой блеска. Установлено, что при увеличении принятого в расчётах числа уровней эффект нестационарности сохраняется. Было показано, что обилие железа (и других металлов, способных поглощать в линии L $\alpha$ ) в оболочке сверхновой является важным фактором, влияющим на выраженность эффекта нестационарности. Также были проведены расчёты кинетики ионизации для случаев равновесного (*l*-равновесие) и неравновесного распределения населённостей атома водорода по подуровням тонкой структуры. Установлено, что отказ от *l*-равновесия приводит к некоторому ослаблению эмиссии в линии H $\alpha$ , но не отменяет эффект нестационарности в кинетике ионизации.

## Наблюдения туманностей. Каталоги и архив фотопластинок

*Шляпников А. А., Смирнова М. А., Елизарова Н. В.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aas@crao.crimea.ru*

В конце 40-х начале 50-х годов XX века в Крымской астрофизической обсерватории на горе Кошка близ Симеиза с помощью светосильных 640-мм (в основном) и 450-мм астрографов ( $F : 1.4$ ) был выполнен обзор зоны от 328° до 180° по галактической долготе (в пределах 10° по широте) с целью поиска новых диффузных газовых туманностей. Наблюдения выполняли Г. А. Шайн и В. Ф. Газе. Использовался очень узкий красный фильтр с центром пропускания около 6550Å, что в случае газовых объектов эквивалентно фотографированию туманностей в лучах H $\alpha$ .

По результатам этой работы было опубликовано около 20 статей, в том числе «Каталог эмиссионных туманностей», содержащий информацию о 301 туманности и 316 звёздах, возможно возбуждающих их свечение. В издательстве «Наука» (Москва) Г. А. Шайном и В. Ф. Газе в 1952 году был издан «Атлас диффузных газовых туманностей».

Целью данной работы была систематизация архива наблюдений туманностей. Он включает в себя журналы наблюдений и коллекцию фотопластинок, и является единственным не описанным архивом широкоугольных наблюдений, выполненных в Крымской астрофизической обсерватории. На первом этапе начат перевод в машиночитаемый формат журналов наблюдений и опубликованных по тематике статей, оцифровывание наблюдений туманностей с астрометрической калибровкой изображений. Подготовка информации в форматах совместимых с применяемыми для работы в среде Виртуальной обсерватории позволяет производить визуализацию наблюдений и их анализ с использованием интерактивных баз данных. Постер проиллюстрирован примерами сетевой работы с каталогом наблюдений туманностей и архивом их изображений.

## Анализ вспышечной активности звёзд из каталога GTSh-10 по данным CRTS

*Шляпников А. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aas@crao.crimea.ru*

Для анализа вспышечной активности были взяты данные «Catalina Real-time Transient Survey» – CRTS. Для 2032 звёзд из каталога GTSh-10 за период с MJD 2453464.15625 по MJD 2456591.367188 по 360593 оценкам блеска у 868 звёзд обнаружены 2222 вспышки. Описан метод определения вспышек, представлена их статистика. Выполнено сравнение информации о вспышечной активности, обнаруженной по данным CRTS и приведенным в базе данных «Variable Star index»– VSX. Для звёзд с наибольшей вспышечной активностью приведены иллюстрации.

**VI. ВНЕГАЛАКТИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ,  
АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ И  
КОСМОЛОГИЯ**

## Обсерватория ИНТЕГРАЛ: 15 успешных лет на орбите

*Лутовинов А. А.*

Институт космических исследований РАН

*aal@iki.rssi.ru*

В 2017 году исполняется 15 лет успешной работе на орбите обсерватории ИНТЕГРАЛ, крупнейшего проекта последнего десятилетия в области астрофизики высоких энергий, в котором принимает участие Россия. В докладе представлен обзор наиболее значимых результатов, полученных по её данным. С помощью обсерватории ИНТЕГРАЛ впервые удалось провести наиболее подробные обзоры всего неба в жёстких рентгеновских лучах, построить детальные карты различных областей неба, и в первую очередь Галактического центра и Галактической плоскости. Это позволило открыть сотни неизвестных ранее нейтронных звёзд и чёрных дыр, в том числе сверхмассивные чёрные дыры в центрах других галактик, обнаружить популяции космические объекты с неизвестными ранее свойствами, определить их природу, открыть излучение радиоактивного титана от Сверхновой 1987А, обнаружить эхо прошлой активности сверхмассивной чёрной дыры в центре нашей Галактики. Заметный, а в ряде случаев определяющий, вклад в успех обсерватории ИНТЕГРАЛ внесли российские ученые.

## Исследование NGC4559 X-10 и NGC4395 ULX-1 в рентгеновском и оптическом диапазонах

*Винокуров А. С.<sup>1</sup>, Атапин К. Е.<sup>1,2</sup>, Фабрика С. Н.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

*vinche2006@mail.ru*

Мы представляем результаты исследования в рентгеновском и оптическом диапазонах ультраярких рентгеновских источников NGC4395 ULX-1 и NGC4559 X-10. По данным рентгеновской обсерватории Swift у NGC4395 ULX-1 найден период около 63 дней, а рентгеновская фазовая кривая блеска объекта оказалась схожей с прецессионной кривой SS433. В оптических спектрах NGC4395 ULX-1 нами обнаружена широкая эмиссионная линия HeII  $\lambda 4686$ . NGC4395 ULX-1 имеет горячий степенной спектр, подобный спектрам большинства других ярких в оптическом диапазоне ультраярких рентгеновских источников, тогда как спектральное распределение энергии NGC4559 X-10 соответствует сверхгиганту спектрального класса F. Анализ распределения ультраярких рентгеновских источников по абсолютным звёздным величинам показывает, что объекты с  $M_V > -5.5^m$  в среднем имеют более холодные спектральные распределения энергии. Это может объясняться тем, что с уменьшением светимости (темпа аккреции) сверхкритического аккреционного диска звезда-донор начинает доминировать в оптическом излучении двойной системы и определять вид её спектра.

## Динамика магнитного поля в релятивистских бесстолкновительных ударных волнах

*Гарасёв М. А., Дерюшев Е. В.*

Институт прикладной физики РАН

*garasev@appl.sci-nnov.ru*

В докладе будут представлены результаты численного моделирования генерации и распада магнитного поля в бесстолкновительных ударных волнах методом частиц в ячейках. Мы использовали модель, в которой магнитное поле в набегающем потоке генерируется за счёт развития вейбелевской неустойчивости, вызываемой непрерывной инжекцией анизотропных электрон-позитронных пар. В результате было обнаружено, что в области до фронта ударной волны позникает крупномасштабное, медленно затухающее магнитное поле, которое позднее усиливается при прохождении фронта. Максимальная энергия возникшего магнитного поля достигает  $\sim 0.1$  от равномерного значения, после чего поле начинает медленно распадаться на временном масштабе, пропорциональном длительности инжекции анизотропных частиц в области перед фронтом ударной волны. Таким образом, магнитное поле сохраняется в течение достаточно длительного времени и может поддерживать эффективное синхротронное излучение от релятивистских ударных волн, например, в источниках гамма-всплесков.

## Оптические наблюдения скоплений галактик из обзора всего неба обсерватории им. Планка

Буренин Р. А.<sup>1</sup>, Бикмаев И. Ф.<sup>2</sup>, Хамитов И. М.<sup>3</sup>, Еселевич М. В.<sup>4</sup>, Сюняев Р. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>3</sup>ТЮГ

<sup>4</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН

*rodion@hea.iki.rssi.ru*

В докладе будут представлены последние результаты наблюдений массивных скоплений галактик, обнаруженных по наблюдению сигнала Сюняева-Зельдовича в обзоре всего неба обсерватории им. Планка. Показано, что предварительный отбор источников с учетом дополнительных данных ИК обзора всего неба обсерватории ВАЙЗ, а также данных Слоановского цифрового обзора неба, позволяет проводить эффективный поиск далеких скоплений галактик среди источников Сюняева-Зельдовича. При помощи наблюдений на 1.5-м Российско-Турецком телескопе, 1.6-м телескопе Саянской обсерватории, а также 6-м телескопа САО РАН (БТА), было обнаружено около десяти скоплений на высоких красных смещениях,  $z \gtrsim 0.8$ , что примерно удваивает число скоплений в обзоре им. Планка на таких красных смещениях. Кроме того, были проведены спектроскопические измерения красных смещений нескольких десятков более близких скоплений галактик. Также в докладе будут обсуждаться перспективы дальнейших оптических наблюдений массивных скоплений галактик в рамках подготовки к работе с данными будущего обзора всего неба обсерватории Спектр-рентген-гамма (СРГ).

## Измерение расстояний до галактик в Местном объеме

Антипова А. В., Макаров Д. И., Макарова Л. Н.

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*osen.nayti@gmail.com*

Мы представляем работу, в которой было измерено расстояние до 22 галактик методом TRGB по программе 13442 «Геометрия и кинематика Местного Объем». В рамках данной программы снимались наиболее далекие галактики Местного Объем, что позволило увеличить число галактик, расстояние до которых промерены единообразным методом, и увеличить полноту выборки на пределе применимости метода TRGB. В результате в диапазоне 7 – 8 Мpc пополнение составило 46% от общего числа галактик, общего числа галактик, промеренных методом TRGB. В ходе выполнения работы была обнаружена новая карликовая галактика, которая является компаньоном LV 1157 +56, с предварительной оценкой абсолютной звездной величины в фильтре V равной  $-9.4$ , что соответствует ultra-faint dsph's, открытым вокруг Млечного пути.

## Поляризационные исследования струй активных ядер галактик

*Пушкарев А. Б.<sup>1,2</sup>, Ковалев Ю. Ю.<sup>2,3</sup>, Листер М. Л.<sup>4</sup>, Саволайнен Т.<sup>5,3</sup>, Аллер М. Ф.<sup>6</sup>,  
Аллер Х. Д.<sup>6</sup>, Ходжс М.<sup>7</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>3</sup>MPIfR

<sup>4</sup>Purdue University

<sup>5</sup>Aalto University

<sup>6</sup>Michigan University

<sup>7</sup>Purdue University

*pushkarev.alexander@gmail.com*

Мы представляем результаты анализа поляризационных многоэпоховых РСДБ наблюдений более чем 400 источников на частоте 15 ГГц за период с 1996 по 2016 гг., проведенных в рамках проекта MOJAVE, а также более ранних экспериментов, доступных из открытого архива НРАО. Проведены исследования характеристик линейно-поляризованного излучения релятивистских струй и показано, что упорядоченность магнитного поля в них растёт с удалением от видимого начала выброса. Мы обсуждаем наблюдаемый эффект роста степени поляризации к краю струи, положение максимума интенсивности в линейной поляризации по отношению к пику в полной интенсивности, а также ориентацию электрического вектора поляризации по отношению к локальному направлению выброса для источников разных спектральных классов.

## Квazar 0850+581: физические свойства в релятивистской струе и её окрестностях по результатам анализа многочастотных РСДБ наблюдений в диапазоне 4–43 ГГц

*Кравченко Е. В., Ковалев Ю. Ю.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*evgenia.v.kravchenko@gmail.com*

По результатам анализа изображений 277 активных ядер галактик, полученных методом РСДБ на частотах 2.3 ГГц и 8.6 ГГц, был обнаружен квазар 0850+581, проявляющий видимый сдвиг начала релятивистской струи с частотой в размере  $1.35 \pm 0.03$  мсек дуги. Эта величина является рекордной среди объектов данного типа. С целью более детального анализа этого эффекта и физических условий, были проведены однократные наблюдения этого квазара антенной решеткой VLBA (USA) одновременно на семи частотах в диапазоне 4–43 ГГц с измерением четырёх параметров Стокса.

Мы представляем результаты детального анализа физических условий релятивистской струи и окружающего её вещества активного ядра галактики 0850+581. В квазаре выявлено наличие контр-струи, которая дает уникальную информацию о кинематике струи и её свойствах: по величине отношений потоков компонентов струи и контр-струи нами оценены Лоренц-фактор, Доплер-фактор и угол наблюдения квазара к лучу зрения. Совместно с данными кинематики компонентов струи во времени в рамках программы MOJAVE, мы заключаем, что угол наблюдения струи меняется с 400 в области видимого начала струи до 10080 парсек вниз по струе. По анализу линейной поляризации 0850+581 выявлена деталь, являющаяся результатом взаимодействия струи квазара с окружающим её веществом. Величина степени линейной поляризации в этой области достигает 30%, что говорит о наличии упорядоченного, продольного магнитного поля. Анализ показывает, что радио ядро, видимое на 43 ГГц, расположено на расстоянии нескольких парсек от центральной машины квазара, а напряжённость магнитного поля в этой области составляет  $\sim 0.1$  Гс. Направление распространения струи и распределение Фарадеевского вращения по ней показывают наличие плотной тепловой плазмы в окрестности 15 парсек от центральной области активного ядра галактики.

## Исследование квазара 3C 273 на наземных и космических телескопах

*Лисаков М. М., Ковалев Ю. Ю., Кравченко Е. В.*

Астрокосмический центр ФИАН

*lisakov@asc.rssi.ru*

Мы представляем результаты исследования квазара 3C 273 в гамма-диапазоне, а также на семи частотах в диапазоне 5 – 43 ГГц с помощью наземных и космических телескопов: VLBA, РадиоАстрон, Fermi.

Наши наблюдения выявили изменения яркостной температуры видимого начала струи от  $10^{10}$  К до экстремальных значений выше  $10^{13}$  К. Наибольших значений яркостная температура достигала на длине волны 7 мм во время мощной вспышки, а на длинах волн 1.3, 6 и 18 см по данным наземно-космического интерферометра вне каких-либо вспышек на протяжении нескольких месяцев. Предел комптоновской катастрофы был превышен в 3–10 раз при существенном доминировании плотности энергии частиц. Это требует пересмотра модели некогерентного синхротронного излучения электронов в релятивистских струях.

Мы исследовали кинематику видимого начала струи, скорость просветления вещества с расстоянием, темп укрупнения спектра, эволюцию структуры линейной поляризации, а также меры Фарадеевского вращения во время вспышек в гамма- и радиодиапазонах. Было установлено, что самая мощная вспышка в гамма-диапазоне произошла в окрестностях истоков струи и центральной чёрной дыры.

При этом видимое начало струи, представляющее область просветления вещества струи с оптической толщиной около единицы, простирается на несколько парсек вдоль струи и смещается вниз по течению при увеличении плотности частиц во время вспышки.

## Результаты многоволнового мониторинга квазара PKS 0420-014 с 2008 по 2017 гг.

*Троицкий И. С.<sup>1</sup>, Морозова Д. А.<sup>1</sup>, Эрштадт С. Г.<sup>2,1</sup>, Ларионов В. М.<sup>1</sup>, Маршер А.<sup>2</sup>, Агудо И.<sup>3</sup>, Блинов Д. А.<sup>4,1</sup>, Смит П. С.<sup>5</sup>, Троицкая Ю. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup>IAR BU, USA

<sup>3</sup>Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Spain

<sup>4</sup>University of Crete, Greece

<sup>5</sup>Steward Observatory, University of Arizona, USA

*dernord@gmail.com*

Квазар PKS 0420-014 является мощным компактным источником переменного нетеплового излучения в диапазонах длин волн от радио до гамма. В данной работе представлены результаты многоволнового мониторинга квазара PKS 0420-014 с 2008 по 2017 гг., включающие в себя фотометрические и поляриметрические наблюдения в оптическом диапазоне на различных телескопах (в полосе  $R$ ) и радио изображения парсекового джета в полном и поляризованном потоках, полученные на VLBA в полосе 43 ГГц. Мы также использовали наблюдения в радио диапазоне на SMA (1 мм), OVRO (2 см), UMRAO (8 ГГц) и данные в гамма диапазоне с Fermi Large Area Telescope (0.1–200 ГэВ). За указанный период наблюдений у квазара PKS 0420-014 наблюдалось множество вспышек в радио, оптическом и гамма диапазонах. Многие вспышки в оптическом диапазоне сопровождались быстрым вращением угла поляризации, резким изменением степени поляризации, значительным увеличением потока в гамма диапазоне и появлением новых компонент в джете на парсековых масштабах. Были обнаружены заметные корреляции между кривыми блеска в оптическом, радио и гамма диапазонах. Также было проведено сопоставление времени появления новых компонент в радио джете с активностью в оптическом и гамма диапазонах. Коррелированность событий между диапазонами может свидетельствовать в пользу предположения о том, что многие вспышки в оптическом и гамма диапазонах происходят вблизи миллиметрового ядра парсекового джета.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-12-01029.



## Металличность молодых и старых звёзд иррегулярных галактик

*Тихонов Н. А.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*ntik@sao.ru*

Основным веществом Вселенной, после её рождения, был водород с примесью малого количества тяжёлых элементов. В процессе эволюции галактик их межзвёздная среда обогащалась металлами и звёзды последующих поколений имели более высокое содержание тяжёлых элементов. Но в галактиках возможны падения облаков межгалактического газа, что понижает металличность межзвёздной среды и рождающихся звёзд.

Для сравнения металличности старых и молодых звёзд использовался фотометрический метод, а в качестве объектов – 105 разрешаемых на звёзды иррегулярных галактик, снимки которых были взяты из архива космического телескопа Хаббла. Положения ветвей красных гигантов и сверхгигантов на диаграмме Герцшпрунга-Рессела зависит от их металличности, что и было использовано для измерения металличности. Значимое отклонение на общей зависимости заметно только у одной галактики, т.е. падение межгалактического газа происходит редко, либо массы этого газа малы. Зависимость между металличностью молодых и старых звёзд показывает, что основное насыщение галактик металлами происходило несколько миллиардов лет назад.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект No14-50-00043).

## Изучение корреляции между скоростью звёздообразования и параметрами газа и пыли в галактиках

*Смирнова К. И.<sup>1</sup>, Виле Д. З.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Институт астрономии РАН

*Arashu@rambler.ru*

В нашем предыдущем исследовании (Смирнова и др., 2017) мы проанализировали 300 комплексов НII в одиннадцати галактиках различных морфологических типов, используя архивные данные инфракрасного (ИК) и радиодиапазона. Для этих комплексов звёздообразования (КЗО) при помощи пылевой модели Дрейна и Ли (Draine & Li, 2007) были определены доля полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в общей массе пыли (qPAH), средняя интенсивность поля излучения (U), а также массовая доля пыли, которая освещается УФ-излучением выше среднего галактического фона ( $\gamma$ ). Мы также оценили массы молекулярного и атомного водорода и металличность для каждого комплекса. В этом исследовании мы продолжаем анализ рассмотренных комплексов НII, чтобы изучить корреляцию оценённых параметров с интенсивностью линии H alpha, которая является одним из лучших прямых индикаторов звёздообразования во внешних галактиках. Мы использовали архивные данные о H $\alpha$ , полученные с инструментами KPNO 2.1m и ВОК. С помощью этих данных была проведена апертурная фотометрия рассмотренных комплексов НII и оценка потоков в линии H $\alpha$ . В качестве предварительного результата текущего исследования мы нашли чёткую антикорреляцию между нормированным потоком индикатора молекулярного водорода (CO) и потоком в линии H $\alpha$ . Это говорит нам о довольно сильной диссоциации молекулярного вещества в областях ионизованного водорода.

## Поиск источников ионизации газа в галактиках: дополнение к классическим методам

*Опарин Д. В., Мусеев А. В.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*doparin2@gmail.com*

Для изучения состояния ионизованного газа, излучающего в оптическом диапазоне, традиционно применяются диагностические диаграммы, где по осям отложена отношения интенсивности ярких запрещённых эмиссионных линий ([OIII], [OI], [NII], [SII]) к линиям бальмеровской серии ( $H\alpha$ ,  $H\beta$ ). На таких графиках (BPT-диаграммах) можно разделить основные источники ионизации газа: молодые звёзды в областях HII, активные галактические ядра, ударные волны. В случае процессов с мощной энергетикой (например, галактик Сейферта) проблем с выделением областей с разным типом ионизации практически не возникает. Однако неопределённость начинается в переходных случаях: галактиках с ядром типа LINER, со вспышкой звездообразования, с галактическим ветром и т.п., поскольку сетки моделей для фотоионизации и для ударной ионизации на диаграммах перекрываются. В частности, открытым остается вопрос о том, чем обусловлено наблюдаемое состояние диффузного ионизованного газа (DIG), в том числе, на больших расстояниях от галактической плоскости: утечкой Лайман-квантов из областей звездообразования, старым звёздным населением, ударными волнами, порождёнными процессом текущего звездообразования. Представляется, что разрешить указанную неопределённость можно добавлением в классические диагностические диаграммы дополнительного параметра – дисперсии скоростей газа по лучу зрения. Мы приводим пример анализа наблюдательных данных для нескольких близких галактик разного типа: объектов с галактическим ветром, карликовых галактик со звездообразованием. Данные о дисперсии скоростей получены из наблюдений на 6-м телескопе САО РАН со сканирующим интерферометром Фабри-Перо, информация об отношении основных эмиссионных взята из опубликованных результатов интегрально-полевой и длинно-щелевой спектроскопии близких галактик. Пространственное разрешение этих данных составляет от нескольких десятков до сотни парсек. Показано, что в ряде случаев наблюдается корреляция дисперсии скоростей с параметром, характеризующим уход наблюдаемого отношения линий от нормальной последовательности, типичной для областей HII. Этот факт интерпретируется нами как указание на ионизацию газа ударными фронтами.

## Изучение особенностей переменности сейфертовской галактики NGC 7469 за период наблюдений 1967 – 2015 гг.

*Уголькова Л. С., Артамонов Б. П., Бруевич В. В., Гусев А. С., Ежкова О. В., Шимановская Е. В.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*lsu1@mail.ru*

По ранним крымским наблюдениям СГ NGC 7469 с 1967 г. по 1990 г. наблюдается несколько слабых вспышек долговременной переменности продолжительностью в 2 – 3 года. Анализ переменности NGC 7469 для двух наблюдательных периодов 1990 – 2007 гг. и 2008 – 2015 гг., проведённым на Майданакской обсерватории, показал существование 3-х медленных компонент переменности от 4-х до 7 лет и быстрые F компоненты с временными масштабами от нескольких часов до двух месяцев.

Для двух сильных вспышек ядра СГ наблюдается следующее: время увеличения яркости вспышки (восходящая ветвь) меньше периода нисходящей ветви во всех фильтрах, градиент яркости увеличивается от фильтра  $I$  к фильтру  $U$ , амплитуда переменности увеличивается от фильтра  $I$  к фильтру  $U$ , что указывает на характерный всплеск яркости в синей части спектра в активных ядрах галактик. Кривая яркости в фильтрах  $U$ ,  $B$  имеет более крутой градиент по сравнению с кривыми яркости в других фильтрах при выходе из минимума цикла активности и максимум достигается значительно раньше в фильтрах  $U$  и  $B$ , чем в фильтрах  $V$ ,  $R$ ,  $I$ .

Показаны изменения цветовых характеристик излучения в разные периоды активности. На двуцветной диаграмме  $(U - B) - (B - V)$  проведено сравнение цветовых характеристик медленной компоненты долговременной переменности с чернотельным излучением газа, моделирующего аккреционный диск. Цвет становится более синим при движении вдоль кривых блеска от минимума к максимуму и показатели цвета располагаются на траектории параллельной чернотельному излучению, цвет галактики NGC 7469 становится более голубым с приближением к ядру, в отличие от нормальных галактик.

Проведён анализ переменности NGC 7469 в рентгеновской области за период 2003 – 2009 гг. и в 2013 г. Используются RXTE данные и данные SWIFT. Корреляция оптических данных с рентгеновским излучением различная в разные периоды активности СГ из-за сложной и разнообразной физики процессов вблизи ядра галактики NGC 7469. В период 2008 г. коэффициент корреляции оптика-рентген близок к 0.5. Слабая корреляция объясняется влиянием вспышки сверхновой SN 1a в околоядерной части NGC 7469, которая проявляет себя в оптике, но не меняет картину переменности в рентгене. Сравнение данных переменности за период 2009 г. показывает корреляцию оптика-рентген (фильтр  $U - 7 - 10$  кэВ) с коэффициентом корреляции около 0.93. за период 2003 г. корреляция немного меньше. Отмечена зависимость коэффициента корреляции и величины запаздывания от длины волны в оптике и в рентгене. Запаздывание рентгена от оптики, наблюдаемое в 2009 г., не наблюдается в 2003 г. Вычислены величины запаздывания между оптикой и рентгеном в разные периоды активности.

Изучая структурные особенности околоядерной области наблюдается асимметрия в излучении центральной части, а также смещение самой яркой области излучения в центральной части во всех длинах волн и в разные периоды активности. Этот эффект наблюдается и по HST данным. Предполагается существование сложной структуры: двойной источник или оптический джет. По наблюдениям в радиообласти (MERLIN, VLBI) на протяжении нескольких лет видна устойчивая картина существования радиоджета или двойной структуры в околоядерной части этой СГ, данные ультрафиолетовой области также подтверждает двойную структуру с наблюдаемой периодичностью в одном из ранних минимумов её активности.

В настоящее время общепринятой точкой зрения на природу переменности ядер сейфертовских галактик является дисковая аккреция на сверхмассивный компактный объект, и все особенности проявления переменности связываются с аккреционным диском. Показано, что одной из причин появления быстрой переменности на кривой блеска СГ являются сверхновые 2000 и 2008 годов, вспыхнувшие в минимумах активности NGC 7469.

## Неожиданные результаты сравнения высокоточных положений квазаров в оптическом и радиодиапазонах

*Ковалев Ю. Ю.<sup>1</sup>, Петров Л. Ю.<sup>2</sup>, Плавин А. В.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Astrogeo Center

<sup>3</sup>Московский физико-технический институт

*yuk@asc.rssi.ru*

В результате сравнения высокоточных положений ядер активных галактик по данным измерений РСДБ и Gaia DR1 было найдено 7% объектов со значимым сдвигом от радио до оптики. Оказалось, что этот сдвиг происходит, преимущественно, по направлению РСДБ джетов. Сдвиг по направлению центральной машины обнаружен на уровне около или ниже 1 mas, объясняется эффектом частотно-зависимого сдвига ядра и неточечной радиоструктурой. Сдвиг по направлению развития струи найден величиной от 0 до более 10 mas и объясняется наличием ярких протяжённых оптических джетов на масштабах парсек. Фактически, это первое массовое косвенное обнаружение компактных оптических джетов в квазарах. В докладе обсуждаются астрометрические и астрофизические следствия и перспективы данного результата.

## Тени вращающихся чёрных дыр

*Репин С. В.<sup>1</sup>, Компенец Д. А.<sup>1</sup>, Новиков И. Д.<sup>1</sup>, Митягина В. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Лицей информационных технологий 1533

*repin@asc.rssi.ru*

В работе представлена форма тени чёрной дыры на фоне стандартного экрана в том виде, в котором эта тень регистрируется удаленным наблюдателем. Экран – это бесконечная плоскость, излучающая в полупространство кванты с равномерным распределением по углу. Показано, что форма и видимый размер тени чёрной дыры существенно зависит от угла между стандартным экраном и лучом зрения удалённого наблюдателя. Представлена форма тени для различных значений этого угла. Источник излучения рассматривается как оптически тонкий, так и оптически толстый. Тени чёрных дыр рассмотрены в метрике Шварцшильда и в метрике Керра.

## Фотометрический и поляриметрический обзор поведения блазара АО 0235+164

*Шабловинская Е. С.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*gaerlind09@gmail.com*

В настоящее время передовой проблемой как теоретической, так и наблюдательной астрофизики считается проблема изучения природы активности внегалактических объектов – активных ядер галактик (АЯГ). Мониторинг таких объектов производится на станциях Санкт-Петербургского государственного университета: АЗТ-8 в Крымской астрофизической обсерватории и LX-200 в Петергофе. Блазар АО 0235+164 наблюдается с 2002 года, и для анализа его поведения был выбран метод, описанный в совместной работе В. А. Гаген-Торна и С. Г. Марченко. Согласно этой теории, если наблюдения ложатся на прямую в пространстве абсолютных параметров Стокса  $\{I, Q, U\}$  (для поляриметрии) и в пространстве потоков  $\{F_1, \dots, F_n\}$  (для фотометрии), относительные параметры Стокса и отношения потоков в разных фильтрах будут оставаться постоянными, что гарантирует неизменность распределения энергии в спектре объекта и, как следствие, ответственность одного источника за изменение величины потока.

В настоящей работе фотометрическая и поляриметрическая интерпретации были представлены. Кроме того, были получены потоковые и двухпотоковые диаграммы для трёх периодов: 2006–2007 и 2008 (вспышки) и 2009–2016 (период умеренной активности). В результате, были сделаны выводы о поведении источника.

## Новый метод исследования реионизации HeII и определения времени жизни квазаров

*Хрыкин И. С.<sup>1</sup>, Hennawi J. F.<sup>2,3</sup>, McQuinn M.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Южный федеральный университет

<sup>2</sup>University of California Santa Barbara

<sup>3</sup>Max Planck Institute for Astronomy

<sup>4</sup>University of Washington

*i.khrykin@gmail.com*

Несмотря на десятилетия усилий, временная шкала реионизации HeII и свойства квазаров, считающимися её источниками, до сих пор не достаточно точно определены. В настоящем докладе представлен новый численный метод исследования обеих проблем с использованием, так называемого, «thermal proximity effect» (TPE) – нагрева межгалактической среды (МГС) вокруг квазаров во время вторичной ионизации гелия их излучением. С помощью одномерного кода для переноса излучения обработаны данные гидродинамических моделей с целью исследования зависимости TPE от начальной относительной концентрации HeII ( $x_{\text{HeII},0}$ ), которая преобладала в МГС до «включения» квазара, и времени жизни квазара ( $t_Q$ ). Было определено, что величина нагрева МГС зависит от  $x_{\text{HeII},0}$  с характерными величинами  $\Delta T \sim 10000$  К для  $x_{\text{HeII},0} = 1.0$ , в то время как размер TPE пропорционален величине  $t_Q$ , с характерным размером  $\sim 100$  сМpc для  $t_Q = 100$  млн. лет. Ввиду нагрева МГС происходит тепловое уширение абсорбционных линий в HI Ly $\alpha$  переходе рядом с квазаром. Был предложен новый статистический метод, основанный на измерении спектра мощности Ly $\alpha$  леса как функции расстояния от квазара, и показано, что TPE должен быть легко детектируем. Показано, что для 50 модельных спектров квазаров на  $z \sim 4$  относительная концентрация HeII может быть измерена с (абсолютной) точностью  $\sim 0.04$ , а время жизни квазаров с точностью до  $\sim 0.1$  dex. Таким образом, применение предложенного метода к уже полученным реальным спектрам квазаров высокого разрешения позволит восстановить историю реионизации HeII, а также оценить количество жёсткого излучения во Вселенной на больших  $z$ .

**Поиск в данных круглосуточного обзора БСА ФИАН (110 МГц)  
транзиентных событий со значительными дисперсионными  
задержками от пульсаров и внегалактических объектов  
(радио-всплески FRB, откликов на гамма-всплески GRB, отклики на  
гравитационно-волновые события LIGO/Virgo)**

*Самодуров В. А.<sup>1,2</sup>, Позаненко А. С.<sup>3</sup>, Торопов М. О.<sup>4</sup>, Родин А. Е.<sup>1</sup>, Чураков Д. Д.<sup>5</sup>,  
Думский Д. В.<sup>1,2</sup>, Исаев Е. А.<sup>1,2</sup>, Казанцев А. Н.<sup>1</sup>, Логвиненко С. В.<sup>1</sup>, Минаев П. Ю.<sup>3</sup>,  
Орешко В. В.<sup>1</sup>, Пугачев В. Д.<sup>1</sup>, Федорова В. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

<sup>3</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>4</sup>ООО «АНТ-Сервис»

<sup>5</sup>Центральный научно-исследовательский институт машиностроения

*samod@mail.ru*

С 2012 года на радиотелескопе БСА ФИАН работает многолучевая диаграмма, способная ежедневно наблюдать в 96 лучах в диапазоне склонений от  $-8$  до  $+42$  градуса в частотном диапазоне  $109 - 111.5$  МГц, разделенных на 32 канала с постоянной времени до 12.5 мс. В качестве одной из научных целей при обработке данных можно считать поиск откликов на внегалактические транзиентные события, которые априори должны иметь большие дисперсионные задержки ( $DM \sim 50 \div 2000$  pc  $\text{cm}^{-3}$ ).

В качестве примеров таких событий можно назвать FRB (которые обнаружены пока только на частотах  $\sim 1$  ГГц), отклики на GRB и, наконец, возможные отклики на гравитационные события, зафиксированные детекторами LIGO. Последние взяты в качестве основы для отработки методики выделения подобных событий в данных БСА. Мы приводим оценки возможного потока (верхние пределы) для нескольких временных масштабов возможных транзиентных радиоисточников, сопровождающих транзиентные гравитационно-волновые события зарегистрированные детекторами LIGO. Обсуждается наблюдения этих событий в радио-данных БСА, приводятся описание методики поиска, оценки верхних пределов возможных транзиентных радиоисточников, сопровождающих гравитационно-волновые события.

Предложена автоматическая методика выделения импульсных сигналов с дисперсионными задержками  $DM < 2000$ . На примере импульсов пульсаров с плотностями потоков выше  $\sim 5$  Ян методика дала точность определения DM от 2% (для плотностей потоков  $5 - 10$  Ян) до 0.1% (выше 15 Ян). Мы полагаем, что методика будет применима для поиска мощных импульсных внегалактических событий вплоть до расстояний несколько сотен Мпк. Запланирована потоковая обработка данных на предмет поиска FRB-событий.

Помимо поиска импульсных транзиентов непосредственно в момент события, апробирована также методика поиска послесвечения GRB в нашем радиодиапазоне. Проверено около 30 GRB событий, установлены верхние оценки плотностей потоков.

## Галактики близких пустот: вопросы, сегодняшние ответы и перспективы

Пустильник С. А.<sup>1</sup>, Теплякова А. Л.<sup>1</sup>, Макаров Д. И.<sup>1</sup>, Перепелицына Ю. А.<sup>1</sup>,  
Князев А. Ю.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Южно-Африканская Обсерватория, Кейптаун, ЮАР <sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*sap@sao.ru*

Теоретики давно указывали на возможную специфику условий для галактик войдов, однако детальные расчеты и предсказания их свойств, проверяемых в наблюдениях, до сих пор отсутствуют. Роль войдов как машин времени и космических микроскопов отмечена в работе Aragon-Calvo & Szalay (2013). Наблюдательные исследования галактик войдов в подавляющем числе работ ограничено объектами верхней части функции светимости/массы, для которых роль окружения относительно невелика.

В САО выполнена пионерская работа по изучению выборки около сотни галактик малых масс в близких пустотах, результаты которой дают первые уверенные указания на замедление их эволюции. Кроме того, обнаружена небольшая группа галактик с необычными свойствами, вероятно указывающими на их начальную фазу эволюции. В докладе подводятся предварительные итоги результатов исследования последних лет.

Учитывая большую важность понимания эволюции галактик в половине объема Вселенной, занимаемой войдами, полученные на сегодня результаты дают важные указания на их отличия, но имеющаяся статистика пока недостаточна для более обоснованных и глубоких выводов.

В докладе представлен текущий проект 10-кратного расширения выборки, в которую включается порядка тысячи галактик пустот в областях, примыкающих к Местному Объему. Результаты этого проекта будут важны для сравнения с космологическими расчетами свойств ближней Вселенной и формирования и эволюции маломассивных галактик в различном окружении. Работа поддержана грантом РФФ No. 14-12-00965.

## Ограничения на физическую природу компонентов джета блазара S5 0716+71, получаемые из многоволновой долговременной переменности объекта

Бутузова М. С., Жовтан А. В., Стригунов К. С.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*mbutuzova@craocrimea.ru*

Долговременная периодичность плотности потока излучения блазара часто интерпретируется винтовой формой его парсекового джета, возникающей либо в результате прецессии сопла джета, либо вследствие развития магнито-гидродинамических неустойчивостей. В первом случае ожидается существование периода переменности и в гамма-диапазоне, излучение в котором поступает из области вблизи истинного начала джета. Результаты Фурье-анализа среднесуточных данных наблюдений S5 0716+71 обсерваторией Fermi LAT (диапазон 0.1 – 300 ГэВ) указывают на отсутствие периода в гамма-излучении. Тогда как периоды переменности в оптическом, в радио-диапазонах и значения позиционного угла внутреннего джета существуют. Это свидетельствует в пользу того, что винтовая форма джета S5 0716+71 образуется вследствие неустойчивости. Предполагая действие винтовой моды неустойчивости Кельвина-Гельмгольца, получены доказательства, что компоненты пк-джета – это ударные волны, движущиеся по винтовому джету. В рамках этого оценены некоторые физические параметры компонентов.

## Нестационарность Галактического гравитационного поля как причина ограничения точности астрометрических наблюдений

*Ларченкова Т. И.<sup>1</sup>, Лутовинов А. А.<sup>2</sup>, Лыскова Н. С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Институт космических исследований РАН

*ltanya@asc.rssi.ru*

Флуктуации гравитационного поля нашей Галактики ограничивают точность астрометрических наблюдений внегалактических источников, в том числе опорных источников системы ICRF (международной небесной системы отсчета). В работе построены карты распределения по небесной сфере характерной величины углового «дрожания» положения источников для современных моделей Галактики. Показано, что наиболее сильно исследуемый эффект проявляется для объектов, расположенных в направлении центральных областей Галактики и галактической плоскости, где отклонение может достигать нескольких десятков микросекунд дуги. На высоких галактических широтах оно составляет примерно 3 микросекунды дуги за время наблюдений 10 лет. В работе также определены статистические свойства рассматриваемого процесса – автокорреляционные функции и спектральная плотность мощности, спектральный индекс которой равен  $-2$ .

## Проверка эйнштейновского принципа эквивалентности с помощью космического радиотелескопа РадиоАстрон

*Ливин Д.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*livirq@yandex.ru*

Эффект гравитационного замедления времени, или гравитационного красного смещения, является прямым следствием эйнштейновского принципа эквивалентности (ЭПЭ). Точное измерение данного эффекта имеет большое значение для поиска нарушений ЭПЭ, предсказываемых теориями объединенных взаимодействий. Наилучшая точность измерения эффекта достигнута в миссии Gravity Probe A в 1976 г. и составляет  $1.4 \times 10^{-4}$ . В настоящее время на различных стадиях реализации и планирования находится несколько экспериментов, направленных на улучшение данного результата (GREAT, ACES, E-GRIP). Уникальную возможность измерения эффекта гравитационного красного смещения предоставляет спутник РадиоАстрон. Высокостабильный водородный стандарт частоты на борту спутника позволяет измерить эффект с относительной точностью  $\sim 10^{-5}$ , что на порядок лучше результата Gravity Probe A. Существенную трудность при этом составляет задача выделения малого гравитационного сигнала на фоне ряда сопутствующих эффектов, таких как нерелятивистский доплеровский сдвиг частоты, кинематические эффекты специальной теории относительности, влияние тропосферы и ионосферы и др. В докладе будет представлен общий подход к эксперименту и алгоритм фильтрации гравитационного сигнала в присутствии сильных шумов. Достигнутая по результатам обработки нескольких проведенных сеансов наблюдений точность сравнима с результатом Gravity Probe A и подтверждает справедливость ЭПЭ. Предполагается обсудить пути дальнейшего увеличения точности эксперимента.



## Высокая яркостная температура и признаки межзвёздного рассеяния в квазаре 87GB 0529+483 по наблюдениям на РадиоАстроне

*Пилипенко С. В.*<sup>1</sup>, *Ковалев Ю. Ю.*<sup>1,2</sup>, *Войцук П. А.*<sup>1</sup>, *Лисаков М. М.*<sup>1</sup>, *Johnson M. D.*<sup>3</sup>, *Соколовский К. В.*<sup>1,4,5</sup>, *Андреанов А. С.*<sup>1</sup>, *Рудницкий А. Г.*<sup>1</sup>, *Ковалев Ю. А.*<sup>1</sup>, *Жеканис Г. В.*<sup>6</sup>, *Мельников А. Е.*<sup>7</sup>, *Гурвиц Л. И.*<sup>8,9</sup>, *Edwards P. G.*<sup>10</sup>, *Jauncey D. L.*<sup>10,11</sup>, *Hovatta T.*<sup>12,13</sup>

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Max-Planck-Institute für Radioastronomie

<sup>3</sup>Harvard-Smithson Center for Astrophysics

<sup>4</sup>IAASARS, National Observatory of Athens

<sup>5</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>6</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>7</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>8</sup>Joint Institute for VLBI ERIC

<sup>9</sup>Department of Astrodynamics & Space Missions, Delft University of Technology

<sup>10</sup>CSIRO Astronomy and Space Science

<sup>11</sup>Research School of Astronomy and Astrophysics, Australian National University

<sup>12</sup>Aalto University Metsähovi Radio Observatory

<sup>13</sup>Aalto University Department of Radio Science and Engineering

*spilipenko@asc.rssi.ru*

Высокая яркостная температура,  $T_b > 10^{13}$  К, измеренная в нескольких компактных активных ядрах галактик на наземно-космическом интерферометре РадиоАстрон, превосходит ожидаемые теоретические пределы. Однако, рассеяние за счёт рефракции на неоднородностях межзвёздной среды может увеличить наблюдаемую яркостную температуру путем образования каустик. В данной работе мы измерили свойства рассеяния и параметры источника на суб-миллисекундном масштабе для квазара B0529+483. Используя наблюдения РадиоАстрона на частотах 1.7, 4.8 и 22 ГГц для проекций базы, достигающих более 200000 км, мы обнаружили два характерных масштаба в ядре квазара:  $\sim 100$  и  $\sim 10$  микросекунд дуги. Найдены признаки субструктуры, созданной с рассеянием. На частотах 4.8 и 22 ГГц измеренная яркостная температура составляет не менее  $10^{13}$  К, даже с учётом рассеяния. Это означает, что энергия частиц в ядре квазара превышает энергию магнитного поля.

## Структура и переменность компактного блазара 0235+164 в радиодиапазоне

*Кутькин А. М.*<sup>1</sup>, *Пащенко И. Н.*<sup>1</sup>, *Лисаков М. М.*<sup>1</sup>, *Войцук П. А.*<sup>1</sup>, *Соколовский К. В.*<sup>1</sup>, *Ковалев Ю. Ю.*<sup>1</sup>, *Лобанов А. П.*<sup>2</sup>, *Ипатов А. В.*<sup>3</sup>, *Аллер М.*<sup>4</sup>, *Аллер Х.*<sup>4</sup>, *Лактеенмаки А.*<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Институт Радиоастрономии Макса Планка

<sup>3</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>4</sup>Мичиганский университет

<sup>5</sup>Университет Аалто

*kutkin@asc.rssi.ru*

Блазар 0235+164 исследуется на основе наблюдательных данных, полученных на нескольких частотах радиодиапазона в режиме РСДБ и одиночных антенн. Измерены относительные временные задержки переменности источника для отдельных вспышек на разных длинах волн. Частотная зависимость размеров ядра и задержек согласуются и свидетельствуют о доминировании синхротронного самопоглощения в ядре. Внутренняя яркостная температура ядра оказывается близка к значению, характерному для равномерного распределения. Допплер-фактор и Лоренц-фактор принимают умеренные значения 21 и 14 соответственно. Яркостная температура, измеренная с помощью наземно-космического интерферометра РадиоАстрон, на порядок выше значений, детектируемых на Земле. По-видимому, это вызвано частичным разрешением отдельных областей выброса, имеющих большие значения Допплер-фактора. Получено осредненное изображение источника на основе сотни РСДБ экспериментов на решетке VLBA, измерен его угол раскрытия джета, свидетельствующий о его коллимации. Выполнены оценки сдвига ядра, его магнитного поля и линейных размеров.

## Видимый сдвиг РСДБ ядра с частотой в ультракомпактных внегалактических радиоисточниках

*Войцук П. А., Ковалев Ю. Ю.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*voitsik@asc.rssi.ru*

Наиболее яркую и компактную деталь на картах внегалактических релятивистских струй, полученных на радиоинтерферометре со сверхдлинными базами (РСДБ), принято называть РСДБ ядром. Видимое положение ядра зависит от частоты наблюдения и определяется синхротронным самопоглощением в излучающей плазме или поглощением в окружающем веществе. Эта зависимость позволяет оценить физические условия в релятивистском струйном выбросе, а также определить геометрию струи в области ядра. Этот эффект так же нужно учитывать при высокоточных астрометрических исследованиях. Однако, широко используемый метод измерений частотного сдвига ядра относительно оптически тонкой структуры источника не применим для высоко-компактных объектов без протяженных джетов. В этом случае обнаружить и измерить эффект позволяет относительная астрометрия. Обсуждается метод измерения величины частотного сдвига РСДБ ядра по наблюдениям близких триплетов радиоисточников с фазовой привязкой. Представлены результаты наблюдений и анализа восьми ультракомпактных радиоисточников из каталога ICRF2 на Европейской РСДБ сети с использованием фазовых калибраторов на четырёх частотах: 1.4, 2.3, 5 и 8.4 ГГц.

## Массовые измерения сдвига ядра и их применение в астрофизике и астрометрии

*Плавин А. В.<sup>1,2</sup>, Ковалев Ю. Ю.<sup>1,3</sup>, Пушкарев А. Б.<sup>4,1</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт

<sup>3</sup>Радиоастрономический институт Макса Планка

<sup>4</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*alexander@plav.in*

Наблюдаемое положение начала релятивистских струй в активных ядрах галактик отличается на разных частотах из-за синхротронного самопоглощения, и этот эффект называется сдвигом ядра. Его изучение позволяет оценивать физические условия вблизи центральной машины, а также улучшать точность определения координат объектов. Нами были проведены самые массовые измерения и анализ такого сдвига на основе наблюдений глобальным интерферометром со сверхдлинными базами в диапазонах 2 и 8 ГГц. Исследовано более тысячи квазаров, у десятков из них использовалось более 20 наблюдений в разные эпохи для анализа переменности. Мы предложили и использовали полностью автоматический метод определения сдвига ядра, который даёт надёжные результаты и не зависит от субъективных факторов.

Была обнаружена значимая переменность сдвига ядра у большого количества объектов, составляющая в среднем 0.35 миллисекунд дуги. По результатам измерений получены первые уверенные свидетельства того, что вспышки в ядрах квазаров вызываются преимущественно изменением плотности излучающих частиц. Были уточнены предыдущие оценки физических параметров в области начала струи, таких как сила магнитного поля: она составляет в среднем 0.6 Гс. Получена оценка в 0.2 миллисекунды дуги на систематический сдвиг при астрометрических измерениях в диапазоне 8 ГГц, и показано его изменение со временем.

## РАТАН-600 – РадиоАстрону. 3. Спектральное обнаружение релятивистской струи в 2000 внегалактических РСДБ-объектах

*Ковалев Ю. А.<sup>1</sup>, Ковалев Ю. Ю.<sup>1</sup>, Нижельский Н. А.<sup>2</sup>, Жеканис Г. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*ykovalev@asc.rssi.ru*

Обсуждаются метод и новые результаты его применения при поиске РСДБ компактных релятивистских струй в активных ядрах галактик и квазаров, важных для проекта «РадиоАстрон», – по данным измерений мгновенных РАТАН-600 спектров радиоизлучения в диапазоне от 1 до 22 ГГц в 1997–2017 годах. Используется ранее предложенная модель синхротронного излучения струи в продольном магнитном поле, основанная на модификации известной модели И. С. Шкловского для переменного квазара. Расчётными спектрами излучения стационарной непрерывной струи, наблюдаемой под разными углами, удается интерпретировать полученные мгновенные спектры для большинства объектов. Основные общие наблюдаемые свойства долговременной переменности объясняются переменностью потока частиц, непрерывно поступающих в струю из активного ядра через её входное сечение, а далее излучающих и эволюционирующих согласно модели в процессе их движения вдоль нестационарной струи. При модельном согласовании многолетней переменности необходим также учёт возможных вариаций угла наблюдения струи из-за её кривизны или прецессии.

## Исследование радиосвойств GPS/CSS объектов

*Сотникова Ю. В.<sup>1</sup>, Майорова Е. К.<sup>1</sup>, Мингалиев М. Г.<sup>1,2</sup>, Эркенов А. К.<sup>1</sup>, Удовицкий Р. Ю.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

*lacerta999@gmail.com*

Gigahertz-Peaked spectrum (GPS) и Compact Steep Spectrum (CSS) источники представляют значительную долю компактных ярких внегалактических объектов (10% и 20% соответственно). Малые линейные размеры CSS/GPS лежат в основе предположений об их молодости. Исследование радиосвойств CSS/GPS, дающее информацию об особенностях синхротронного излучения, является ключевым для понимания того, как радиоизлучение возникает и развивается во внегалактических источниках. В работе представлено многочастотное (0.7–857 ГГц) исследование GPS/CSS, основанное на измерениях радиотелескопа РАТАН-600 (1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц), данных низкочастотных обзоров GLEAM (GaLactic and Extragalactic All-sky Murchison Widefield Array) и TGSS (Tata institute for fundamental research GMRT Sky survey), и высокочастотных данных миссии Planck. Измерения РАТАН-600 охватывают временной интервал порядка 10 лет. Даны оценки угловых размеров излучающих областей и радиосветимостей, проанализированы соотношения между спектральными параметрами в зависимости от принадлежности к классу АЯГ и от красного смещения. В зависимости от класса объектов выявлены особенности существующей антикорреляция «линейный размер – пиковая частота».

## Эхо-картирование аккреционных дисков в активных ядрах галактик

*Сергеев С. Г.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*sergeev.crao@mail.ru*

Чтобы объяснить наблюдаемую корреляцию между изменениями потока в рентгеновском, ультрафиолетовом и оптическом спектральных диапазонах в активных ядрах галактик (АЯГ) была предложена модель, в которой аккреционный диск АЯГ излучает не только из-за вязкого трения, но и из-за разогрева диска некоторым источником рентгеновского излучения (т.н. модель репроцессинга). Эта модель получила наблюдательную поддержку, когда были сравнены изменения потока на разных длинах волн в разных АЯГ. Модель предполагает, что переменность рентгеновского источника инициирует переменность в ультрафиолете и оптике, которые являются «эхом» рентгеновского излучения. Анализируя это эхо (в частности, определяя время запаздывания между изменениями потока в различных диапазонах длин волн) можно оценить размер диска в зависимости от длины волны. Представлен обзор результатов эхо-картирования аккреционных дисков различных АЯГ, полученных, в основном, с участием автора настоящего доклада, как в рамках международной кооперации, так и усилиями сотрудников Крымской астрофизической обсерватории. Полученные результаты согласуются с моделью репроцессинга, хотя в некоторых случаях необходимо привлекать дополнительные допущения. Обсуждены трудности эхо-картирования аккреционных дисков и пути их решения. В частности, в случае широкополосной фотометрии, такой трудностью является вклад широких эмиссионных линий в фотометрические полосы. Представлены планы будущих исследований в области эхо-картирования аккреционных дисков АЯГ.

## Продолжительное вспышечное явление в блазаре 3C 454.3 в 2013 - 2017 гг.

*Вольвач А. Е.<sup>1,2,3</sup>, Ларионов М. Г.<sup>4</sup>, Вольвач Л. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

<sup>4</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*volvach@bk.ru*

Активное ядро галактики 3C 454.3 является одним из ярчайших блазаров. Как представитель семейства квазаров с плоскими спектрами 3C 454.3 многие десятилетия исследовался на многих частотах электромагнитного спектра. Интервал изменения плотности потока излучения блазара велик и простирается от часов до многих лет. В объекте наблюдаются быстрые изменения потока на масштабах времени сутки и менее. Зарегистрированы изменения плотности потока за время менее 3 часов. Вариации плотностей потоков свыше суток относятся к долговременному мониторингу.

Данные длительного мониторинга плотности потока блазара на миллиметровых длинах волн обнаруживают 13-летний период, который прослеживается, начиная с 1968 года. Максимумы плотностей потоков излучения фиксировались в 1982 году, 1994 – 1996 годах и в 2010 году. При этом, амплитуда вспышек росла со временем от 15 Ян в 1982 году до 20 – 25 Ян в 2006 году. Этот период поставлен в соответствие прецессионному периоду в рамках модели двойной системы из сверхмассивных чёрных дыр (ДСЧД) (Вольвач и др., 2007).

В предлагаемой работе анализируются новые данные, полученные во время детального мониторинга продолжительной вспышки в 3C 454.3 на миллиметровых волнах в течении 2013 – 2017 гг.:

1. Проведен длительный цикл наблюдений блазара 3C 454.3 на частоте 36.8 ГГц с использованием радиотелескопа РТ-22 КрАО. Мониторинг вспышечного явления проводился большую часть времени с интервалом времени один день.
2. Проведенный гармонический анализ вспышки позволил выявить наличие орбитального периода в данных мониторинга, совпадающего по значению с тем, который был обнаружен ранее на основе данных наблюдений за период с 1982 года.
3. Наличие орбитального периода в данных вспышечного явления может свидетельствовать в пользу того, что изменение его длительности не связано с увеличением  $\gamma$ -фактора, а напрямую зависит от прохождения компаньона центральной сверхмассивной чёрной дыры сквозь среду аккреционного диска (АД) за счёт совпадения плоскостей АД и орбиты компаньона.
4. Падение вдвое спектральной плотности потока излучения во вспышке 3C 454.3 по сравнению с максимальным потоком в предыдущей вспышке может косвенным образом свидетельствовать о том, что АД является оптически толстым по томпсоновскому рассеянию.
5. Получена величина сдвига между появлением вспышечного явления в радиодиапазоне (на миллиметровых волнах) относительно гамма-диапазона, которая подтверждает сдвиги, полученные на основе анализа предыдущих вспышечных явлений в объекте. Совпадение значений величин сдвигов свидетельствует в пользу предположения о том, что в процессе прецессии плоскость АД совпала с плоскостью орбиты компаньона и в процессе продолжающейся вспышки компаньон находится в среде АД.

# ПОСТЕРЫ

## Ограничения скалярно-тензорной теории Хорндески из двойных пульсаров

*Авдеев Н. А., Дядина П. И.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*NAAvdeev1995@mail.ru*

Скалярно-тензорные теории появились в середине XX века в качестве одной из первых попыток проквантовать гравитацию. Позднее интерес к этим теориям возобновился с возникновением проблем тёмной материи и тёмной энергии. На данный момент такие теории широко исследуются на различных масштабах, поскольку эти модели могут дать объяснение обоим феноменам. Скалярно-тензорные теории гравитации Хорндески являются наиболее общим классом скалярно-тензорных теорий, поэтому исследование поведения этих моделей представляет особый интерес. В этой работе было исследовано поведение данного класса теорий в гравитационном поле двойных пульсаров и произведено сравнение с ограничениями, найденными из тестов в Солнечной системе. Данные, полученные от двойных пульсаров, являются очень точными, поэтому теории на этом типе объектов дают возможность получить строгие ограничения на параметры теории. Следует также отметить, что подобная проверка происходит в более сильном гравитационном поле, нежели чем в Солнечной системе, в связи с этим при работе с двойными пульсарами мы можем обнаружить эффекты, которые, в силу малости поля, не заметны в Солнечной системе, а именно замедление орбитального вращения компонент системы. Всё это позволяет более детально изучить поведение теории в разных условиях, как на масштабах Солнечной системы, так и на масштабах более сильного гравитационного поля системы двойных пульсаров.

## Распределение шаровых скоплений в галактике

*Аракелян Н. Р.<sup>1,2</sup>, Пилипенко С. В.<sup>2</sup>, Шарина М. Е.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт

<sup>2</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>3</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*n.rubenovna@mail.ru*

В работе проведены подсчёты для выявления вероятных плоскостей в системах шаровых скоплений (ШС) и галактик-спутников нашей Галактики и оценена статистическая достоверность результатов двумя разными методами, а также проведен поиск ШС, принадлежащих к приливным потокам, которые образовались в результате частичных разрушений спутников. В работе были рассмотрены приливные потоки Стрельца и Единорога. А также была измерена анизотропия распределения ШС без приливных потоков.

Результаты:

1. Измерения отношений собственных размеров вдоль осей тензора инерции показали, что для всех выборок ШС и галактик-спутников, ограниченных максимальным расстоянием выборки от центра Галактики, наблюдается некоторая анизотропия. Исключение составляет  $R < 18$  кпк для ШС.
2. В результате работы были получены списки шаровых скоплений, которые находятся в потоках Стрельца и Единорога.
3. Получив новые списки и рассмотрев, к какому типу ШС они принадлежат, мы выяснили, что в приливных потоках нет определенного типа для ШС, и они могут быть разных типов.
4. Измерение анизотропии распределения ШС без вклада известных приливных потоков, показало, что потоки вносят небольшой вклад в анизотропию распределения ШС.

## Сверхмощная вспышка блазара СТА 102 в декабре 2016 – январе 2017 года

*Борман Г. А.<sup>1</sup>, Ларионов В. М.<sup>2</sup>, Эрштадт С. Г.<sup>3,2</sup>, Маршер А. П.<sup>3</sup>, Смит П. С.<sup>4</sup>,  
Агудо И.<sup>5</sup>, Савченко С. С.<sup>2</sup>, Морозова Д. А.<sup>2</sup>, Гришина Т. С.<sup>2</sup>, Копачкая Е. Н.<sup>2</sup>,  
Ларионова Л. В.<sup>2</sup>, Ларионова Е. Г.<sup>2</sup>, Мокрушина А. А.<sup>2</sup>, Троицкий И. С.<sup>2</sup>, Троицкая Ю. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>3</sup>Бостонский университет, США

<sup>4</sup>Обсерватория Стюард, США

<sup>5</sup>Институт астрофизики Андалусии (CSIC), Испания

*borman.ga@gmail.com*

В течение продолжительного периода времени (2009 – 2012) поток излучения блазара СТА 102 находился на стабильно низком уровне (около 16.7 зв. величины в оптической полосе  $R$ ). В сентябре-октябре 2012 года наблюдалась мощная вспышка источника. После мощной вспышки в 2012 году произошло общее увеличение вспышечной активности блазара СТА 102. В 2015–2016 годах наблюдался ряд вспышек завершившийся сверхмощной вспышкой в декабре 2016 – январе 2017 года, во время которой поток излучения блазара в оптическом и гамма диапазонах достиг исторических максимумов ( $11.05 \pm 0.02$  зв. величины в оптической полосе  $R$  и  $\sim 270 \times 10^{-6}$  фотон  $\text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$  в диапазоне 0.1 – 200 ГэВ по данным космической обсерватории Fermi). Проведены анализ данных в оптическом и гамма диапазонах и сравнение с мощной вспышкой 2012 года. Кросс корреляционный анализ потоков излучения в оптическом и гамма диапазонах не выявил задержек, что свидетельствует о едином пространственном положении излучающих областей. В то же время, сравнение зависимостей между оптическим и гамма излучением для вспышек 2012 и 2016/2017 годов позволяет предположить, что сверхмощная вспышка произошла в джете блазара на вдвое большем расстоянии от центральной сверхмассивной чёрной дыры, чем мощная предыдущая. Изменение параметров поляризации оптического излучения блазара во время вспышек согласуется с геометрической моделью переориентации джета ближе к лучу зрения и движении излучающей области по спиральной траектории вдоль джета.

Работа поддержана грантом РФФ 17-12-01029.

## Каталог радиисточников в обзоре неба на РАТАН-600

*Бурсов Н. Н.<sup>1</sup>, Парийский Ю. Н.<sup>2</sup>, Кудряшова А. А.<sup>3</sup>, Семёнова Т. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической обсерватории

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

*nmb@sao.ru*

В результате обработки обзора неба на РАТАН-600 получен новый RZF-каталог 760 источников на волне наблюдений 6.2 см. Обзор проведен в 2011 – 2012 гг. на радиометрическом комплексе Эридан-2 на Северном секторе антенны радиотелескопа. Чувствительность 2-х месячного круглосуточного обзора, со склонением  $41^\circ.5 \pm 0^\circ.1$ , достигла 5 мЯн по плотности потока при полноте каталога 0.8. При сравнении с радиокаталогами из базы данных CATS ([www.sao.ru/cats](http://www.sao.ru/cats)), были построены спектры источников и рассчитаны их спектральные индексы на  $\lambda 6.2$  см. Для 25% источников спектры были получены впервые, еще для 48% спектры уточнены, для остальных – дополнены. Максимум распределения приходится на  $a \sim -0.86(S\nu \sim \nu^\alpha)$ .

При использовании ресурсов SDSS обзора и базы данных NED для 552 радиисточников каталога получено оптическое отождествление. При этом 277 источника отождествлены с галактиками, 184 со звездообразными объектами – скорее всего квазарами или далекими галактиками, 34 с квазарами, 2 с планетарными туманностями и 36 с пустыми полями. По остальным источникам сведения пока отсутствуют. Два источника совпали со звездами спектрального класса М и К из каталога MORX (<https://arxiv.org/abs/1609.05973>).

## Влияние доплеровского усиления излучения на микропеременность блазара S5 0716+71 в рамках модели винтового джета

*Бутузова М. С.<sup>1</sup>, Дорошенко В. Т.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*mbutuzova@craocrimea.ru*

В случае блазара S5 0716+71 отсутствует единое мнение о наличии хроматизма во время вспышек как на длительных, так и на коротких временных шкалах. В данном докладе приводятся результаты наблюдений внутри ночи для блазара S5 0716+71, выполненных на 50-см телескопе АЗТ-5 Крымской станции ГАИШ МГУ в 2014 – 2015 гг. Из всех 24 ночей вспышки наблюдались в 7 из них, в 12 ночах присутствует рост/спад интенсивности и 5 ночей без заметной переменности. Во всех наблюдаемых вспышках выявлено: 1) сложное поведение кривой блеска; 2) изменение показателя цвета  $B-I$  в пределах от 0.08 до 0.21. В некоторых вспышках обнаруживается нелинейная зависимость показателя цвета от звёздной величины.

В рамках модели винтового джета блазара S5 0716+71 (Butuzova, arXiv:1609.07538) возможны условия, когда Доплер-фактор излучающего компонента джета достигает больших значений (несколько десятков) и быстро изменяется со временем в системе отсчёта наблюдателя. Показано, что это может привести к наблюдаемому хроматизму, вызванному неодномоментностью наблюдений в различных оптических полосах во время физического нарастания плотности потока излучения без фактического хроматизма в системе отсчёта источника. Для объяснения высокой вспышечной активности блазара необходимо присутствие многих излучающих компонентов, движущихся под некоторым углом к винтовой линии. Подтверждением этого предположения может служить различное изменение цвета в ходе двух последовательных малых вспышек, наблюдавшихся 7 – 8 мая 2014 г.

## Определение физической скорости компонентов РСДБ-джета блазара S5 0716+71 в предположении винтовой формы джета

*Бутузова М. С.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*mbutuzova@craocrimea.ru*

Изменения позиционного угла внутреннего джета ( $PA_{in}$ ) блазара S5 0716+71, носящие периодический характер, наиболее просто интерпретируются винтовой структурой джета (Lister et al., 2013). Из амплитуды и периода изменения  $PA_{in}$  определены геометрические параметры винтовой линии джета. Получено, что интервал значений угла между лучом зрения и вектором скорости компонентов джета, движущихся по баллистическим траекториям, составляет примерно  $2^\circ$ . Тогда как при небаллистическом движении компонентов этот интервал может быть более  $10^\circ$ , что соответствует имеющимся оценкам угла зрения. При небаллистическом движении также самосогласованно объясняются противоречащие друг другу результаты определения видимых скоростей компонентов внутреннего и внешнего джета в эпохи наблюдений 2004 г. (Rastorgueva et al., 2011) и 2008 – 2010 гг. (Rani et al., 2015). Нижнее ограничение на физическую скорость компонентов  $\beta > 0.999$  и питч-угол  $p = 5.5^\circ$  найдены из отношения видимых скоростей компонентов внутреннего и внешнего джета. Показано, что при полученных параметрах создаются условия для наблюдения большой скорости (вплоть до 37) некоторых компонентов джета.



## Обратное комптоновское рассеяние излучения квазара 3C 273 электронами ближнего узла его килопарсекового джета

*Бутузова М. С.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*mbutuzova@crao.crimea.ru*

Интенсивность рентгеновского излучения килопарсекового джета квазара 3C 273 для первых двух узлов спадает с увеличением расстояния от центрального источника, тогда как для других узлов имеет малое примерно постоянное значение. Было предположено, что в ближних узлах происходит обратный Комптон-эффект на излучении центрального источника, тогда как в дальних узлах – на фотонах реликтового фона (Михайлова и др., 2010). В данной работе решается стационарное кинетическое уравнение для обратного комптоновского рассеяния излучения квазара 3C 273 электронами, распределение которых по энергии задается степенным законом. Показано, что при различном сочетании значений электронного и фотонного распределений можно определить либо частоту завала радиоспектра квазара, либо максимальную энергию электронов в узле. При этом расчетный поток от узла А джета 3C 273 в гамма-диапазоне согласуется с данными наблюдений Fermi Large Area Telescope (Meyer & Georganopoulos, 2014), в отличие от потока, ожидаемого при альтернативном механизме образования рентгеновского излучения – обратном комптоновском рассеянии реликтового фона джетом, движущимся с релятивистской скоростью под малым углом к лучу зрения.

## Обзор активных ядер галактик с наземно-космическим интерферометром РадиоАстрон

*Войцук П. А., Ковалев Ю. Ю.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*voitsik@asc.rssi.ru*

Обзор ядер активных галактик является крупнейшей ключевой научной программой проекта РадиоАстрон. Основная цель обзора – получить типичные параметры ядер активных галактик на недоступных ранее угловых масштабах: напрямую измерить размеры и яркостные температуры (поверхностные яркости) наиболее компактных радиоизлучающих областей. Это позволит проверить существующие модели генерации радиоизлучения в релятивистских струях АЯГ и получить новую информацию о параметрах рассеивающей межзвёздной плазмы в нашей Галактике. Обзор проведен на трёх частотах (1.6, 5 и 22 ГГц) при участии крупнейших радиотелескопов России, Европы, США, ЮАР, Австралии и Китая. Зарегистрировано излучение от 164 радиоисточников на проекциях баз наземно-космического интерферометра до 27 диаметров Земли. Измеренная величина яркостных температур в этих объектах достигает  $10^{14}$  К и более, что значительно превышает результаты измерений на наземных интерферометрах. Результаты требуют существенного пересмотра современной модели излучения ядер квазаров. В докладе обсуждается статистика детектирования радиоисточников в зависимости от проекции базы и длины волны наблюдения, результаты измерений яркостных температур и размеров РСДБ-ядер. Также в докладе рассматриваются технические аспекты обзора АЯГ. Описана процедура обработки данных наземно-космического интерферометра. Обсуждается критерий значимости сигнала и оценка вероятности ложного детектирования при малом соотношении сигнал-шум. Представлены результаты оценки точности восстановления орбиты космического радиотелескопа по остаточным величинам задержки и её производных, полученным при подгонке интерференционных лепестков.

## Спектральные свойства и характеристики переменности GPS Радиоисточников каталога «PLANCK»

*Вольвач А. Е.<sup>1,2,3</sup>, Ларионов М. Г.<sup>4</sup>, Вольвач Л. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

<sup>4</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*volvach@bk.ru*

GHz Peaked Spectrum источники (GPS), обнаруженные в результате проведения поисковых обзоров неба в дециметровом и сантиметровом диапазонах длин волн, представляют собой компактные объекты, имеющие максимумы в спектральной плотности излучения в интервале частот 0.5 – 10 ГГц.

С целью определения спектральных характеристик и параметров переменности этих объектов проведены два сета наблюдений GPS радиоисточников каталога «Planck» на частотах 22.2 ГГц и 36.8 ГГц на радиотелескопе РТ-22 КрАО. Получены значения средних спектральных характеристик GPS источников на миллиметровых волнах, свидетельствующие о том, что низкочастотная часть среднего спектрального индекса имеет меньший наклон по сравнению с каноническим спектром, полученным на волнах сантиметрового диапазона длин волн. Высокочастотный завал среднего спектра на миллиметровых волнах наоборот, более крутой в сравнении со спектром на сантиметровых волнах. Продолжительный пологий участок в центральной части среднего спектра является отражением естественного перехода к спектральным характеристикам в инфракрасном и оптическом диапазонах длин волн. АЯГ на этих волнах имеют быстро уменьшающуюся спектральную плотность потока излучения.

Найденная доля GPS квазаров в миллиметровом диапазоне длин волн составляет 90% от общего числа GPS объектов, что находится в резком контрасте с аналогичной долей квазаров в дециметровом диапазоне длин волн (1.4%). Доля объектов с растущими в сторону коротких волн спектрами также показывает относительный рост и составляет около 50% в коротковолновой части сантиметрового диапазона. Это указывает на хорошее согласие между содержанием радиоисточников с плоскими спектрами в общей выборке источников обзоров и GPS составляющей радиоисточников, если иметь в виду, что GPS источники составляют около половины объектов с плоскими спектрами.

Найденные характеристики переменности GPS источников каталога «Planck» в зависимости от частоты исследований в значительной степени являются отражением более низкой переменности этих объектов по сравнению с АЯГ типа блазаров.

## Каталог «PLANCK» – параметры переменности АЯГ на миллиметровых волнах

*Вольвач А. Е.<sup>1,2,3</sup>, Ларионов М. Г.<sup>4</sup>, Вольвач Л. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

<sup>4</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*volvach@bk.ru*

В диапазоне частот 20 – 100 ГГц активные ядра галактик (АЯГ) представляют собой наиболее представительную популяцию объектов. Это справедливо, по крайней мере, для сильных радиоисточников до уровней потоков в сотни миллиджанов. В результате работы двух космических миссий WMAP и PLANCK было обнаружено большое количество объектов галактического и внегалактического происхождения, которые различались по спектральным характеристикам и признакам переменности. В данной работе рассматриваются АЯГ, обнаруженные в обзоре PLANCK. В анализируемом списке присутствуют 104 источника, представляющие собой полную выборку АЯГ до уровня потока 1 Ян на частоте 36.8 ГГц, и расположенные севернее  $-10^\circ$  по склонению.

Получены новые данные, свидетельствующие о том, что АЯГ на миллиметровых волнах обнаруживают максимальный уровень переменности плотности потока излучения по сравнению с другими частотами радиодиапазона. Некоторые из АЯГ показывают признаки значительного изменения плотности потока излучения, поэтому при анализе их переменности на больших временных шкалах могут выпадать из соответствующей выборки. Увеличение индекса переменности АЯГ в миллиметровом диапазоне длин волн не противоречит предположению о том, что наиболее яркие представители АЯГ представляют собой тесные двойные системы из сверхмассивных чёрных дыр, находящиеся на стадии эволюции близкой к слиянию. Ряд объектов из анализируемой выборки являются перспективными радиоисточниками для наблюдений по программам космических миссий «Радиоастрон» и «Миллиметрон».

## Физические и динамические характеристики АЯГ АО 0235+164

*Вольвач А. Е.<sup>1,2,3</sup>, Ларионов М. Г.<sup>4</sup>, Вольвач Л. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Институт прикладной астрономии РАН

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

<sup>4</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*volvach@bk.ru*

Блазар АО 0235+164 является одним из ярчайших АЯГ и активно исследуется в широком диапазоне длин волн от радио- до гамма-диапазона. Он характеризуется значительным диапазоном переменности потока излучения на различных масштабах времени, компактностью структуры, высокой яркостной температурой, наличием компонент со сверхсветовыми движениями и значительной поляризацией радио- и оптического излучения. Переменное излучение АО 0235+164 может быть интерпретировано в рамках геометрической модели плазменного выброса – «джета», ориентированного близко к лучу зрения, в котором присутствуют субсветовые движения материи.

Выполнен анализ данных многочастотных наблюдений блазара АО 0235+164, в широком диапазоне длин волн от радио- до гамма-диапазона. Подтверждена гипотеза о двойственности системы, состоящей из двух СМЧД, находящихся на стадии эволюции, близкой к слиянию. С помощью гармонического анализа установлены возможные значения орбитального и прецессионного периодов в системе, аналогично тем, которые получены для других ярких представителей АЯГ. Сдвиги по времени вспышечных явлений, возникающих в разных частотных диапазонах, соответствуют гипотезе перемещающегося по джету плазменного облака, просветляющегося последовательно на все более низких частотах, что указывает скорее на внутренний характер переменности плотности потока в АО 0235+164. Наблюдаемое незначительное число ярких представителей АЯГ по отношению к общему числу массивных эллиптических галактик может объясняться их малым временем существования как тесных систем из СМЧД и механизмом излучения, происходящего из узкого конуса по направлению к наблюдателю. С уменьшением потока доля АЯГ по отношению к общей плотности радиоисточников падает и составляет четверть на уровне потока 0.1 Ян.

Найдены физические и динамические характеристики АЯГ АО 0235+164 свидетельствующие о том, что эта тесная система состоит из СЧД близких масс порядка  $10^{10} M_{\odot}$ . Это одна из самых сверхмассивных систем из двойных чёрных дыр. Скорость перемещения компаньона и центрального тела вокруг общего центра тяжести составляет  $10^4$  км/с и  $5 \times 10^3$  км/с соответственно.

## Study of CH<sub>3</sub>OH gas around Cepheus A HW2

*Гарипова Г. М.<sup>1</sup>, Соболев А. М.<sup>1</sup>, Sanna A.<sup>2</sup>, Moscadelli L.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Radioastronomie

<sup>3</sup>INAF, Osservatorio Astrofisico di Arcetri

*goldberg144@gmail.com*

Massive circumstellar discs are subject to gravitational instability which often causes spiral density waves in the midplane. The spiral structures are pronounced in the density distribution which can be observed unlike instabilities leading to such waves. Significant asymmetry of the massive discs around young stars was reported in recent studies (see, e.g. Zinchenko et al. 2015). Massive discs are rare objects and almost all of them are seen at significant inclination angles. Hence, detailed analysis of the disc nature is very problematic and requires data on velocity field of the gas. Masers represent powerful tool for the studies of kinematics because their observations provide information on 3D velocity field of probe particles. This is possible because interferometry technique allow proper motion measurements of the compact maser spots combined with the radial velocity measurements.

Methanol maser emission around the bright radio source Cep A HW2 reveals one of the best observational examples of the massive Keplerian-like disc around young stellar object. Maser cloudlets are distributed within projected radius from 300 to 900 AU from the HW2 object and are arranged in five clusters (Sanna et al. 2017). The data reveals existence of extended spatio-kinematic structure which can correspond to the spiral shock wave front. Similar structures are widely observed in the methanol maser sources (Walsh et al. 1998, Phillips et al. 1998). So, masers have high potential to study processes which determine the accretion disc structure.

## Постьютоновский предел гибридной $f(R)$ -гравитации

*Дядина П. И.<sup>1,2</sup>, Лабазова С. П.<sup>1</sup>, Алексеев С. О.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Физический факультет МГУ

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*guldur.anwo@gmail.com*

Экспериментальные данные показывают, что Вселенная на 95% состоит из тёмной материи и тёмной энергии. Есть два способа объяснения этих явлений: поиск новых, неизвестных частиц, либо изменение теории гравитации. Одной из таких теорий гравитации является гибридная  $f(R)$ -гравитация, которая сочетает в себе метрическую модель (в виде действия Эйнштейна-Гильберта) и модель гравитации Палатини (в виде произвольной функции от Палатини кривизны  $f(\mathfrak{R})$ ). Рассматривая теорию типа  $R + f(\mathfrak{R})$ , мы сохраним результаты общей теории относительности (которые обеспечиваются частью действия  $R$ ) и получим возможность расширения теории гравитации (благодаря второй части –  $f(\mathfrak{R})$ ).

Для сравнения метрических теорий гравитации друг с другом и с экспериментом используют параметризованный постьютоновский (ППН) формализм. Он справедлив в приближении медленного движения и слабых полей. В рамках этого формализма любая теория гравитации описывается набором 10 параметров. Эти ППН параметры экспериментально получены в рамках Солнечной системы, благодаря их значениям можно наложить ограничения на параметры теорий.

В работе исследовалась гибридная  $f(R)$ -гравитация в постьютоновском пределе, и был получен аналитический вид всех 10 ППН параметров. С использованием их известных экспериментальных значений были сделаны ограничения на параметры теории, а именно на фиктивное скалярное поле, его массу и потенциал, а также показано, что гибридная  $f(R)$ -гравитация не может быть исключена современными экспериментами в Солнечной системе.

## Изучение эволюции галактик в войде Eridanus

*Егорова Е. С.<sup>1</sup>, Пустильник С. А.<sup>2</sup>, Князев А. Ю.<sup>3,4,1</sup>*

<sup>1</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>3</sup>South African Astronomical Observatory

<sup>4</sup>Southern African Large Telescope Foundation

*mirtel@yandex.ru*

Свойства и эволюция маломассивных галактик в пустотах на сегодня изучены слабо. В наших недавних работах получены явные указания на их особенности, однако имеющаяся статистика недостаточна. Для продолжения систематического исследования эволюции галактик войдов мы сформировали выборку из 60-ти галактик в экваториальной зоне большой пустоты, известной как войд Eridanus. Мы представляем результаты определения содержания кислорода O/H для 21 галактики по наблюдениям на 11-м телескопе SALT (South Africa) и 6-м телескопе БТА (САО РАН), а также по спектральным данным из базы данных SDSS. Из анализа соотношения между O/H и светимостью ( $M_B$ ) для 36 галактик этого войда мы нашли ясное свидетельство значительно пониженной металличности галактик войда относительно «реперной» выборки похожих галактик в более плотном окружении (галактики групп Местного объема). Этот результат согласуется с выводами, полученными ранее при изучении галактик близкого войда Lync-Cancer.

## Космологические модели с вращательной симметрией

*Жовтан А. В.<sup>1</sup>, Роцупкин С. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского

*astroalex2012@gmail.com*

В предлагаемой вниманию работе в рамках общей теории относительности (ОТО) найден ряд точных решений, описывающих космологические модели с вращательной симметрией.

Предполагая, что усреднённое вещество является идеальной жидкостью и описывается распределением массы (энергии) и полем скоростей, касательным к линиям тока вещества, а давление задается локальным уравнением состояния, выписывается система уравнений Эйнштейна, описывающая анизотропные аксиально-симметричные космологические модели. Анализ уравнений показывает существование двух классов решений, один из которых описывает однородные анизотропные космологические модели. Также показано, что в одном из частных случаев решения уравнений Эйнштейна либо тривиальны, либо предполагают существование экзотических видов материи.

Кроме поиска точных решений также проведены численные расчёты на компьютере для различных начальных данных и уравнений состояния. Показано наличие как открытых так и закрытых космологических моделей с различными вариациями эволюции масштабных факторов.

## Взаимодействие газо-пылевых облаков с горячей средой скоплений галактик и его наблюдательные проявления

*Кешелава Т. В., Пилипенко С. В., Васильев Е. О., Щекинов Ю. А.*

Изучается движение холодного газо-пылевого облака сквозь горячую разреженную среду. Исследуется эволюция спектра масс пылинок в зависимости от времени и начальных параметров, таких как скорость облака, плотности, температура окружающего газа и другие. Оцениваются характерные времена развития гидродинамических неустойчивостей и фрагментации облака. Ограничивается предельное расстояние, на которое газо-пылевое облако, выброшенное из галактики, может отдалиться, двигаясь сквозь горячий газ скопления галактик, до разрушения.

## Магнитокавитационный механизм генерации вспышек и плазменных выбросов из короны аккреционного диска нейтронной звезды

*Кийков С. О.*

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)

*kiiikov@susu.ru*

Исследуются процессы генерации вспышек и выбросов плазмы из короны аккреционного диска нейтронной звезды. В качестве возможного механизма генерации этих процессов предлагается магнитокавитационный механизм. Согласно этому механизму вспышки и выбросы могут возникать в результате разрушения плазмоидов в короне аккреционного диска. Эти плазмоиды образуются во время магнитного пересоединения в корональной плазме. Часть плазмоидов выбрасывается из короны, а другие, совершая колебания, разрушаются из-за резонансных волновых процессов, неустойчивостей и ударных волн в корональной плазме. Колебания плазмоидов могут приводить к квазипериодическим колебаниям рентгеновского излучения в короне аккреционного диска нейтронной звезды. Выполнены оценки параметров вспышек и выбросов плазмы. Обсуждается возможность применения магнитокавитационного механизма к турбулизации корональной плазмы и ускорению струй из аккрецирующих нейтронных звёзд.

## Исследование параметров звёздного ветра в рентгеновских двойных системах

*Ким В. Ю.<sup>1</sup>, Иксанов Н. Р.<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>3</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*ursa-majoris@yandex.ru*

Квазистационарные рентгеновские пульсары составляют подкласс пульсирующих источников, поток излучения которых за всё время наблюдений менялся менее чем на порядок. Рентгеновские источники в указанных двойных системах – аккрецирующие нейтронные звёзды, которые могут являться хорошей лабораторией для изучения параметров звёздного ветра, порождаемого массивным компаньоном. На примере рентгеновского пульсара ОАО 1657-415 мы предлагаем новый подход в изучении ветровых параметров: где основным «инструментом» служит аккрецирующая нейтронная звезда, наблюдаемые характеристики которой могут быть использованы для оценки параметров аккреционных структур и звёздного ветра в массивных двойных системах.

## Поиск космических радиовсплесков длительностью более 5 секунд на частоте 110 МГц

*Коваленко А. В., Субаев И. А.*

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

*kav@pra0.ru*

После модернизации радиотелескопа БСА ФИАН появилась возможность проводить круглосуточный мониторинг транзиентного радиоизлучения в диапазоне частот 110 МГц области неба со склонением от  $-8$  до  $42$  градусов с высокой чувствительностью. Создана программа поиска радиоимпульсов с длительностью от 5 секунд до 400 секунд по данным многочастотного приёма. Представлены первые результаты предварительного анализа круглосуточного мониторинга космического радиоизлучения в диапазоне частот 110 МГц на радиотелескопе БСА ФИАН. Всего проанализировано 1080 часов непрерывного мониторинга космического радиоизлучения на трех частотах 111.3, 110.4 и 109.6 МГц. 99% зарегистрированных событий – это помехи, а оставшиеся всплески потенциально могут быть кандидатами в космические радиовсплески. Получена оценка частоты радиовсплесков с потоком больше 3 Ян и длительностью более 5 секунд.

## РАТАН-600 – РадиоАстрону. 1. Свойства мгновенных спектров 3500 внегалактических объектов в диапазоне 1 - 22 ГГц в 1997 - 2017 гг.

*Ковалев Ю. А.<sup>1</sup>, Берлин А. Б.<sup>2</sup>, Ковалев Ю. Ю.<sup>1</sup>, Жеканис Г. В.<sup>2</sup>, Нижельский Н. А.<sup>2</sup>, Богданцов А. В.<sup>2</sup>, Цыбулёв П. Г.<sup>2</sup>, Эрженев А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*ykovalev@asc.rssi.ru*

Дополнены новыми данными результаты многолетних наблюдений и анализа широкодиапазонных спектров радиоизлучения и их долговременной переменности, полученные в разовых и периодических РАТАН-600 обзорах квазаров и галактик. Спектры распределены по нескольким основным типам, в зависимости от их формы в см-диапазоне. Все типы спектров показывают долговременную переменность на масштабах более нескольких месяцев – без или с изменением типа. Форма спектра определяется доминированием основного широкодиапазонного спектрального компонента: 1) излучением РСДБ компактного компонента объекта с максимумом потока на см- или мм-длинах волн («ВЧ-компонент» спектра, первый) и 2) излучением более протяженного компонента объекта со спектром, падающим в сторону мм-диапазона («НЧ-компонент», второй). Их суммой, в зависимости от частоты и относительной величины потока в максимуме, а также от ширины ВЧ-компонента, определяются наблюдаемые форма и тип спектра излучения объекта. Анализ РАТАН-600 мгновенных спектров и их компонентов позволяет оптимальным образом отбирать кандидаты для исследований структуры компактных объектов с наземно-космическим интерферометром в проекте «РадиоАстрон».

## РАТАН-600 – РадиоАстрону. 2. Текущий отбор активных галактик и квазаров для наземно-космического РСДБ по измерениям спектров в 2016 - 2017 гг.

*Ковалев Ю. А.<sup>1</sup>, Жеканис Г. В.<sup>2</sup>, Ковалев Ю. Ю.<sup>1</sup>, Нижельский Н. А.<sup>2</sup>, Цыбулёв П. Г.<sup>2</sup>, Эрженев А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*ykovalev@asc.rssi.ru*

Обсуждаются новые результаты по задачам продолжающейся наземной спектральной поддержки РСДБ наблюдений в проекте РадиоАстрон, полученные с помощью радиотелескопа РАТАН-600 за 1.5 года. Проведено 10 циклов периодического обзора для 250–700 объектов на радиотелескопе РАТАН-600 и выполнена экспресс-обработка около 9 тысяч мгновенных спектров излучения, полученных в 7 циклах. Каждый спектр измерен на длинах волн 1.4, 2.7, 3.7, 6.4, 6.5, 13 и 24 см за несколько минут. По результатам оперативного поиска отобрано около 70 показанных ярких представителей объектов со спектральными особенностями. Это – источники с всплесками долговременной переменности радиоизлучения, с основными наблюдаемыми типами спектров, с максимальными значениями ожидаемых потоков излучения от РСДБ компактного компонента в них и др. Цель аналогична нашим ранним работам по проекту VSOP: дальнейшее исследование угловой микроструктуры объектов в проекте РадиоАстрон, поиск и отождествление особенностей спектра и микроструктуры. Природа и характер наблюдаемой переменности согласуются с представлениями об основном вкладе в спектр излучения от одного из двух возможных компонентов объекта – от компактной нестационарной или квазистационарной релятивистской струи из активного ядра источника. По ранее опубликованному спектрально-модельному методу оценены ожидаемые потоки компактного компонента на миллисекундных угловых масштабах – интегральные коррелированные плотности потока при РадиоАстрон измерениях на малых базах. Для успешного использования метода отмечается важность РАТАН-600 измерений и на дм-длинах волн.

## Мгновенные спектры и радиосвойства объектов блазаров по исследованиям на РАТАН-600.

*Мингалиев М.Г.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*marat@sao.ru*

В докладе представлены результаты исследования блазаров на радиотелескопе РАТАН-600 (2005 – 2017). Данные были получены в шести диапазонах частот (1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2, 21.7 ГГц) для 290 блазаров, в основном для объектов типа BL Lac. Также для некоторых источников мы использовали данные на 37 ГГц, полученные квази-одновременно в радиообсерватории Метсахови. Выборка включает блазары трех типов: HSP (high-synchrotron peaked), LSP (low-synchrotron peaked) и ISP (intermediate-synchrotron peaked). Данные – плотности потоков, мгновенные радиоспектры, спектральные индексы и свойства их переменности – получены для нескольких эпох измерений.

Анализ радиосвойств различных классов блазаров показал, что LSP и HSP для BL Lac-блазаров в среднем разные объекты. LSP-блазары имеет более высокую плотность потока, более плоский спектр и их переменность увеличивается по мере того, как переходим на более высокие частоты. HSP – очень слабые объекты в радиодиапазоне, имеют степенной спектр на низких частотах, меньшую переменность на всех частотах.

В докладе также будут представлены результаты исследований – переменность на разных временных масштабах, параметры переменности – отдельных объектов (3C 454.3, J0530+1331, J1603+1105 и др.).

## Каталог сверхмассивных чёрных дыр

*Мухеева Е. В.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*helen@asc.rssi.ru*

В докладе представлен каталог сверхмассивных чёрных дыр (СМЧД), являющийся компиляцией других каталогов и открытых источников информации. В каталоге даны название, координаты, красное смещение и масса чёрной дыры, угловой размер гравитационного радиуса, потоки на частотах 22 – 800 ГГц, характерных для планируемой космической обсерватории Миллиметрон.

Каталог может быть использован при планировании экспериментов по наблюдению теней СМЧД и других целей.



## Многоволновые наблюдения блазара АО 0235+164 во время вспышки 2015 года

Морозова Д. А.<sup>1</sup>, Борман Г. А.<sup>2</sup>, Троицкий И. С.<sup>1</sup>, Троицкая Ю. В.<sup>1</sup>, Ларионов В. М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*borman.ga@gmail.com*

Блазар АО 0235+16 – один из наиболее интенсивно изучавшихся в прошедшее десятилетие. В данной работе приводятся результаты фотополариметрического мониторинга блазара АО 0235+16, проводившегося в СПбГУ и КраО, результаты наблюдений РСДБ-сети VLBA на частоте 43 ГГц, а также кривая блеска в гамма диапазоне, построенная по данным наблюдений космической обсерватории «Fermi».

В 2015 году произошла мощная вспышка в оптическом диапазоне, которая сопровождалась вспышками в радио- и гамма- диапазонах, а так же выбросом из ядра джета новой сверхсветовой компоненты К1. Данная компонента по яркости сравнима с ярчайшей компонентой Qs, обнаруженной в джете данного источника в работе Agudo et al. (2011) во время мощной оптической вспышки 2009 года. Позиционный угол К1 составлял  $\sim 500$ , что на  $\sim 1000$  отличается от позиционного угла компоненты Qs. Такое сильное изменение направления парсекового радиоджета характерно для данного объекта и объясняется геометрическими эффектами и очень маленьким углом видности джета.

Таким образом, нами были обнаружены синхронные изменения в оптическом, гамма- и радио- диапазонах для вспышки 2015 г., что указывает на идентичную локализацию источников оптического и гамма излучений вблизи ядра джета на частоте 43 ГГц.

Работа поддержана грантом СПбГУ 6.38.335.2015 и грантом РФФИ 15-02-00949.

## Мониторинг окрестности галактики Mrk 501 на черенковском телескопе ГТ-48: предположительно новый ТЭВ-источник

Нешпор Ю. И., Стригунов К. С., Жовтан А. В.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*astroalex2012@gmail.com*

На черенковском телескопе ГТ-48 Крымской астрофизической обсерватории проведён мониторинг окрестности галактики Mrk 501 в продолжение 14 лет (1997–2010 гг.). В результате многолетних наблюдений с высокой степенью достоверности ( $9.5\sigma$ ) обнаружен новый гамма-источник сверхвысоких энергий. Координата нового источника по прямому восхождению совпадает с галактикой Mrk 501, а по склонению смещена на  $+0.7^\circ$ . По предварительному отождествлению новый источник с наибольшей вероятностью соответствует лацертиде RGB J1652+403.

## Точность измерения эффекта сдвига РСДБ-ядер квазаров

Пащенко И. Н., Кутькин А. М.

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*in4pashchenko@gmail.com*

Модель неоднородного выброса предсказывает частотно-зависимый сдвиг РСДБ-ядер квазаров. Измерение этого эффекта позволяет исследовать физические свойства и геометрию выбросов, а его учёт необходим для сопоставления высокочастотных систем координат построенных на РСДБ-положениях квазаров с системами координат основанными на оптических наблюдениях. Мы оцениваем точность измерения эффекта сдвига, в частности, вклад различных систематических составляющих в общую неопределенность, а также возможные методы их учёта. Особое внимание уделяется систематической ошибке, связанной с аппроксимацией реального распределения яркости простой моделью, состоящей, как правило, из набора 2D-гауссиан. Для выяснения её величины мы используем параметры реальных многочастотных РСДБ-наблюдений, а также искусственные распределения яркости полученные в соответствии с моделью неоднородного выброса и сеткой реалистичных параметров истечения.

## Необычные представители галактик войдов: комплексное исследование J0706+3020, богатого газом карлика с рекордно низкой металличностью

Перепелицына Ю. А.<sup>1</sup>, Пустильник С. А.<sup>1</sup>, Prochaska J. X.<sup>2</sup>, Егорова Е. С.<sup>3</sup>, Мусеев А. В.<sup>1</sup>,  
Chengalur J. N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>UCO/Lick Observatory

<sup>3</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

<sup>4</sup>NCRA

*jlyamina@yandex.ru*

В одной из ближайших пустот мы изучали самую глубокую выборку галактик в войдах, насчитывающую около ста объектов с абсолютными величинами  $M_B$  до  $-10$ . По результатам этого исследования нами открыта и изучается небольшая группа галактик наименьших светимостей, показывающих необычные свойства. Они включают очень высокое содержание газа (отношение масс газа и звёзд до  $50 - 100$ ), самые низкие величины металличности газа, намного ниже ожидаемой для их светимости, а также необычно голубые цвета звёзд во внешних частях, что в сумме указывает на то, что галактики могут находиться на ранних стадиях эволюции.

Здесь мы представляем результаты комплексного исследования экстремально богатой газом карликовой галактики с рекордно-низкой металличностью J0706+3020 ( $Z \sim Z_0/45$ ), расположенной в центральной части близкой пустоты Lutz-Sanciger ( $D \sim 17$  Мpc). Металличность газа оценена по спектрам с телескопов БТА и Кеск. По данным, полученным на БТА, изучены морфология, фотометрия, а также кинематика ионизованного газа, морфология и кинематика HI – по данным индийского радиотелескопа GMRT.

Работа поддержана грантом РФФ No. 14-12-00965.

## Об интерпретации катастрофы квазаров

*Перов Н. И.<sup>1,2</sup>, Ельцов А. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Культурно-просветительский центр им. В. В. Терешковой

<sup>2</sup>Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского

*perov@yarplaneta.ru*

Из наблюдений установлена температура  $T_H = 4 \times 10^{13}$  К квазара 3C 273, на порядок превышающая теоретически возможное значение его эффективной температуры ( $T_T = 5 \times 10^{11}$  К), что связано с обратной комптоновской катастрофой. В этом случае, джеты (плазма) из высокоэнергичных частиц вблизи квазаров не должны наблюдаться. Но квазар 3C 273 нарушает это ограничение. Покажем, что электроны «отдачи» – в обратном эффекте Комптона – также могут быть ультррелятивистскими, скорость которых  $V_2$  мало отличается от скорости света ( $c = 299792458$  м/с), а новые фотоны соответствуют температуре  $T_H$ .

Допустим, что в результате «лобового» столкновения релятивистского электрона массы  $m$ , имеющего скорость  $V_1$ , и реликтового фотона, характеризующегося длиной волны  $\lambda_1 = 1.9$  мм и частотой  $\nu_1 = c/\lambda_1$ , образуется электрон «отдачи», движущийся со скоростью  $V_2$  и фотон (частота  $\nu_2$ ), соответствующий излучению абсолютно черного тела с температурой  $T_H$ . Угол между импульсами «нового» фотона и электрона «отдачи» обозначим через  $\theta$ . Найдем скорости электронов  $V_1$  и  $V_2$ .

Используя компьютерную алгебру и вычисления с 48 значащими цифрами, найдем  $V_2$  при  $\theta = 0$

$$V_2 = \pm \frac{1}{\nu_1 + \nu_2} c \left( (4\nu_1 h \nu_2 (-h\nu_1^2 \nu_2 + \nu_1 h \nu_2^2 + (h^2 \nu_1^4 \nu_2^2 + 2h^2 \nu_1^3 \nu_2^3 + \nu_1^2 h^2 \nu_2^4 + 2c^4 M^2 \nu_1^2 \nu_2^2 + c^4 m^2 \nu_1^3 \nu_2 + c^4 m^2 \nu_1 \nu_2^3)^{1/2})) / \right. \\ \left. / (2c^4 m^2 \nu_1 \nu_2 + 4h^2 \nu_1^2 \nu_2^2 + m^2 c^4 \nu_1^2 + m^2 c^4 \nu_2^2) - \nu_2 + \nu_1 \right)$$

(Всегда есть 2 действительные значения  $V_2$ ).

Здесь  $h = 6.62 \times 10^{-34}$  Дж с – постоянная Планка. Подставляя численные значения исходных величин, найдем, при  $\theta = 0$ ,  $V_1 = 0.9999999999992475405562886$ ,  $V_2 = 0.9999999999992275921124240c$ . При  $\theta = 0.0805$  угловых секунд,  $V_1 = 0.9999999999999957472132$ ,  $V_2 = 0.9999999999999957445837c$ . При  $\theta = 0.09$  угловых секунд для скоростей электронов получаются мнимые решения. Для  $V_1$  и  $V_2$  мнимые части имеет величины порядка  $10^{-7}$  м/с и  $10^{-20}$  м/с, соответственно.

Возможно, приведенные рассуждения позволят решить проблему обратной комптоновской катастрофы в случае квазаров, (поскольку доказано приближенное равенство  $V_1 \approx V_2 \approx c$ ), а также, уточнить физическую природу тонких джетов, существующих вблизи квазаров (угол  $\theta$  является малым,  $\theta < 0.0805''$  – для действительных значений  $V_1$  и  $V_2$ ).

## Can perfect fluid represent dark matter in our galaxy?

*Potapov A. A., Garipova G. M., Nandi K. K.*

The answer to the above question is in the affirmative. To reach this affirmation, we apply the Faber-Visser approach of combined observations of rotation curves and lensing to a first post-Newtonian approximation to «measure» the equation of state  $\omega(r)$  of the perfect fluid galactic halo. Since the galactic halo has attractive gravity, we shall impose the constraint that  $\omega(r) \geq 0$  for  $r \leq R_{MW}$ , where  $R_{MW} \sim 200$  kpc is the adopted halo radius of our galaxy, the Milky Way. The observed circular velocity  $l (= 2v_c^2/c_0^2)$  from the flat rotation curve and a crucial adjustable parameter  $D$  appearing in the perfect fluid solution then yield different numerical ranges of  $\omega(r)$ . Our analysis indicates that a new constraint,  $0 \leq w(r) \leq 2.8 \times 10^{-7}$ , where  $p/\rho = w(r)$ , for the perfect fluid dark matter can reasonably describe the attractive galactic halo. This is a strong constraint indicating a dust-like CDM halo ( $\omega \sim 0$ ) supported also by the observed CMB constraints. Although the bulge is quite spherical and is dominated by old stars, there is practically little dark matter hidden in the disk. Hence, to explain the rotation curve measurements, we are forced to assume that dark matter resides in the halo region dominating its mass, is spherically distributed and, if it is non-baryonic, would not be expected to collapse into a disk-like structure. Following Xue et al., we take the tangential velocity  $v_{tg}(60 \text{ kpc}) = 175 \text{ km sec}^{-1}$ , which means  $l = 2v_{tg}^2/c_0^2 = 6.8 \times 10^{-7}$ . Then, it follows that

$$\omega(r) = \frac{6.43 \times 10^{-14} + 0.33Dr^2}{2.26 \times 10^{-7} - Dr^2}$$

## Многолетние наблюдения и исследования блазаров BL Lacertae и 1ES 1426+428 на черенковском телескопе ГТ-48

*Стригунов К. С., Жовтан А. В.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*astroalex2012@gmail.com*

Блазары 1ES 1426+428 и BL Lacertae (1ES 2200+420) наблюдались в 2002–2010 гг. и в 1998–2011 гг. соответственно на черенковском телескопе 2-го поколения ГТ-48 в КрАО в энергиях свыше 1 ТэВ. Достоверность регистрации объектов составила  $8\sigma$  и  $11.8\sigma$  соответственно. При наблюдении 1ES 1426+428 обнаружена 4-дневная вспышечная активность в 2009 г., подтвержденная данными космической обсерватории Fermi LAT в диапазоне 1 – 300 ГэВ. Рост активности 1ES 1426+428 к 2008 г. в ТэВ-энергиях согласуется с ростом активности в диапазоне энергий  $> 350$  ГэВ по данным черенковского детектора обсерватории Whipple. От BL Lacertae на ГТ-48 зарегистрировано более 20 всплесков активности. Данные ГТ-48 сопоставлялись с потоками гамма-квантов, зарегистрированных космическим телескопом Fermi LAT. Исследована вспышка 2009 г., в результате чего обнаружено, что в момент повышения активности увеличение потока в более высоких энергиях гамма-диапазона превышает рост в низких энергиях. Данный вывод может быть связан с конверсионным механизмом ускорения частиц. Это согласуется с результатами исследований объекта 1ES 1426+428.

## Глубокие обзоры неба РАТАН-600 на склонении источника SS 433 на волне 7.6 см в период 1980-1999 гг. Каталог радиоисточников в интервале прямых восхождений $2^h \leq RA < 7^h$

*Темирова А. В.<sup>3</sup>, Желенкова О. П.<sup>1,2</sup>, Соболева Н. С.<sup>3</sup>, Бурсов Н. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Университет информационных технологий, механики и оптики

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической обсерватории РАН

*adelina\_temirova@mail.ru*

Представлен каталог радиоисточников, являющийся продолжением каталога RCR (RATAN Cold Refined) в диапазоне прямых восхождений  $2^h \leq RA < 7^h$ . Список объектов получен при повторной обработке данных эксперимента «Холод», который проводился в 1980–1981 гг. на радиотелескопе РАТАН-600 на склонении источника SS433, а также при обработке данных обзоров 1987–1999 гг. этого же эксперимента. Приведены прямые восхождения и интегральные плотности потоков 237 источников, обнаруженных на длине волны 7.6 см (3.94 ГГц), и их спектральные индексы на частотах 3.94 и 0.5 ГГц. Двадцать девять источников списка, в основном слабее 30 мЯн на 3.94 ГГц, имеют данные по плотности потока только на двух частотах – 1.4 и 3.94 Гц. Для построения спектров привлекались сведения из всех имеющихся в базах данных CATS и Vizier каталогов, с которыми пересекается полоса обзора, а также в некоторых случаях оценки плотностей потоков, полученные по картам обзоров VLSSr, GLEAM, TGSS и GB6. Построены гистограммы распределения спектральных индексов источников. Проведена проверка надежности отождествлений выделенных на сканах источников путем сравнения координат и плотностей потока с каталогом NVSS. Объекты, не попавшие в дециметровые каталоги в этом интервале прямых восхождений на уровне 10–15 мЯн, не обнаружены.

## Исследования радиоисточников в центральном сечении RZF каталога. Поиск объектов с ультра крутыми спектрами

*Темирова А. В.<sup>1</sup>, Парийский Ю. Н.<sup>1</sup>, Семенова Т. А.<sup>2</sup>, Бурсов Н. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической обсерватории

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*adelina\_temirova@mail.ru*

В работе представлены результаты обработки и селекции данных RZF (Ratan Zenith Field) каталога, который был получен в результате глубокого обзора неба в области  $0^h \leq RA \leq 24^h$ ,  $40.5^\circ \leq DEC \leq 42.5^\circ$  на радиотелескопе РАТАН-600 на длине волны ( $\lambda = 7.6$  см). В центральном сечении обзора в диапазоне  $\pm 2'$  обнаружено 448 объектов, из них 74 источника с ультра крутыми спектрами ( $\alpha < -1.1$ ,  $S \approx \nu^\alpha$ ). Для 31 объекта с USS (Ultra Steep Spectra) спектрами, для которых известны звездные величины в разных фильтрах с помощью SDDS обзора, определены фотометрические красные смещения и их радиосветимости на частотах 500 и 1400 МГц. Показано, что в этой выборке 14 галактик относятся к близким галактикам с  $z_{\text{ph gal median}} = 0.278$ , обнаруженных в сантиметровом диапазоне длин волн с относительно высокими радиосветимостями  $25 < \log L_{1400 \text{ МГц}} \leq 27.7$  (типа FR II или промежуточных типов FRI-FRII) с плотностями потоков  $S_{\text{med}} = 4.8$  мЯн. Из них 3 радиогалактики с USS спектрами оказались близкими галактиками типа FRI, которые очень редки и находятся преимущественно в центрах богатых галактиками скоплений, где окружающая барионная плотность высока. По цифровому оптическому обзору SDSS (DR12) с использованием радиокарт NVSS и FIRST каталогов проведено отождествление 208 радиоисточников RZF-каталога, полученного в рамках программы «Генетический код Вселенной». Исследованы характеристики данных объектов, получено распределение SDSS-галактик на двухцветной диаграмме.

## Металличность молодых и старых звезд иррегулярных галактик

*Тихонов Н. А.*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

*ntik@sao.ru*

Основным веществом Вселенной, после ее рождения, был водород с примесью малого количества тяжелых элементов. В процессе эволюции галактик их межзвездная среда обогащалась металлами и звезды последующих поколений имели более высокое содержание тяжелых элементов. Но в галактиках возможны падения облаков межгалактического газа, что понижает металличность межзвездной среды и рождающихся звезд. Для сравнения металличности старых и молодых звезд использовался фотометрический метод, а в качестве объектов - 105 разрешаемых на звезды иррегулярных галактик, снимки которых были взяты из архива космического телескопа Хаббла. Положения ветвей красных гигантов и сверхгигантов на диаграмме Герцшпрунга-Рессела зависит от их металличности, что и было использовано для измерения металличности. Результат сравнения металличностей старых и молодых звезд представлен на рис.1. Значимое отклонение на общей зависимости заметно только у одной галактики, т.е. падение межгалактического газа происходит редко, либо массы этого газа малы. Зависимость между металличностью молодых и старых звезд показывает, что основное насыщение галактик металлами происходило несколько миллиардов лет назад. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект No14-50-00043).

## Моделирование гало темной материи: проверка энтропийного подхода к проблеме каспов

*Ткачев М. В., Пилипенко С. В.*

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

*deimos9754@gmail.com*

В настоящей работе предлагается метод проверки так называемой «энтропийной модели» образования гало темной материи, предложенной А. Г. Дорошкевичем, В. Н. Лукашем и Э. В. Михеевой (УФН, 2012) и была призвана до некоторой степени объяснить образование гало с каспами.

Мы выполнили несколько симуляций с массой одной тестовой частицы  $M = 1e^8 M_{\odot}$ . Начальные условия для каждого моделирования были заданы таким образом, что масштабные фазы и амплитуды начальных возмущений фиксированы, а мелкомасштабные варьируются. Для каждого из нескольких гало, указанных подобным образом, выполняется численный расчет формирования и эволюции в стандартной космологической модели Lambda-CDM.

На основе срезов по времени (снапшотов) из каждого моделирования было построено дерево слияний гало, а гало различных масс из одной симуляции были попарно идентифицированы со своими двойниками из другой симуляции. Это, в свою очередь, дало нам возможность проанализировать и учесть влияние мелкомасштабных возмущений на профили гало и, как следствие, пересмотреть условия образования гало с каспами.

## Исследование цветовой переменности блазара 4C 38.41 в 2007-2016 гг

*Троицкая Ю. В., Троицкий И. С., Гаген-Торн В. А., Ларионов В. М.*

Санкт-Петербургский государственный университет

*dernord@gmail.com*

Блазары представляют наиболее интересный подкласс галактик с активными ядрами (АЯГ). В случае блазаров джет направлен под малым углом к лучу зрения наблюдателя и его излучение доминирует в широком диапазоне длин волн от радио до гамма. При этом у блазаров обнаруживается высокая и переменная поляризация излучения. Многополосные фотометрические наблюдения вносят существенный вклад в понимание причин вспышечной активности блазаров. Поскольку блазары демонстрируют большое многообразие поведения, многолетние плотные ряды наблюдений позволяют получить наиболее полные представления как о самом источнике, так и физических процессах происходящих в них.

Блазар 4C 38.41(1633 + 382) ( $z = 1.814$ ) – один из самых мощных внегалактических радиоисточников, зафиксированных в гамма диапазоне космической обсерваторией EGRET. Объект показывает заметную активность также в оптическом и радио диапазонах. В работе представлены результаты исследования цветовой переменности 4C 38.41 в 2007–2016 гг. В исследуемый период произошли мощные вспышки в оптическом и гамма диапазонах в 2011, 2012 и 2015 гг. Были найдены изменения в спектральном распределении энергии в оптическом диапазоне для различных сезонов, указывающие на появление и исчезновение отдельных переменных источников. Для отдельных событий имеется зависимость между интенсивностью вспышки и величиной спектрального индекса – чем ярче вспышка, тем более жесткий спектр мы наблюдаем.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 15-02-00949 и СПбГУ 6.38.335.2015.

## Спектральные характеристики излучения ядра сейфертовской галактики NGC7469 в разные эпохи его активности

*Шарилова Л. М.<sup>1</sup>, Бикмаев И. Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

В работе показаны изменения спектральных характеристик излучения ядра сейфертовской галактики NGC7469 в разные фазы его активности. К этим характеристикам относятся профили, относительные интенсивности, эквивалентные ширины (EW $\lambda$ ) наиболее ярких эмиссионных линий, наблюдаемых в оптическом спектре указанной

галактики. Базой исследований служил массив спектральных данных, полученных разными исследователями на разных телескопах. Полученные результаты позволили судить о фазе активности ядра галактики в эпоху 2008 г.

## Каталогизация объектов вблизи внегалактических источников

*Шляпников А. А.<sup>1</sup>, Шеянов Е. Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*aas@craocrimea.ru*

Настоящая работа представляет собой результаты обработки наблюдений, выполненных на 702-мм телескопе АОК, для областей 14 внегалактических источников. Наблюдения выполнялись в полосах V, R и I, близких к стандартной системе с помощью ПЗС SBIG ST-7 (размер поля  $8'.5 \times 5'.6$ , масштаб  $\sim 0''.7/\text{пиксель}$ ). Обработка наблюдений выполнена с помощью приложения Международной виртуальной обсерватории Aladin системой SExtractor. Результаты каталогизации объектов представлены в HTML и VOTable форматах. Проведено сравнение наших определений звёздных величин каталогизированных объектов с информацией о них из различных баз данных, представленных в VizieR.

## **VII. АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, ИСТОРИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ АСТРОНОМИИ**



## Астрономические аспекты курса общей физики

*Бычков К.В.*

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

*buchkov@sai.msu.ru*

Трёхсеместровый курс: применение методов физики для решения задач астрофизики. Состоит из трёх частей: «механика», «учение о теплоте» и «электромагнетизм». Занятия проводятся параллельно соответствующим курсам общей физики.

Раздел «механика» (первый семестр первого года обучения). Задачи на столкновение знакомят с двухтемпературной плазмой, с комптоновским рассеянием. Атом Бора, классический и релятивистский, в теме «равномерное вращение по окружности». Движение в кулоновском поле. Траектория и все параметры орбиты вычисляются с помощью вектора Лапласа без применения операций высшей математики. Показаны особенности кулоновского сечения. Волны. Корпускулярно-волновой дуализм и соотношение неопределённостей. Фазовая и групповая скорость. Стоячие волны с закреплённой границей и число осцилляторов в замкнутом объёме.

«Теплота» (второй семестр). Необходимость квантовых представлений в задачах применения статистики и термодинамики в астрофизике. Связь кинетики, статистики и термодинамики. Вывод формулы Рэлея-Джинса для плотности энергии чернотельного излучения. Вынужденное излучение и вывод формулы Планка. Вывод формулы Саха «по Унзольду». Объяснение спектральной классификации на примере бальмеровской серии в звёздах O-F. Ударные волны. Адиабата Гюгонио.

«Электромагнетизм» (третий семестр). Проводимость ионизованного газа. Дебаевский радиус и ленгмюровская частота, Представление о плазме. Вмороженность магнитного поля. Диффузия магнитного поля. Силы, действующие на плазму со стороны магнитного поля. Волны в плазме. Фарадеевское вращение и мера дисперсии межзвёздной среды.

## Методика проведения факультативных занятий по теме «Астробиология»

*Роменская О. М.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Центр им. В. В. Терешковой

<sup>2</sup>Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского

*olesyaromenskaya@yandex.ru*

Астробиология является комплексной дисциплиной, и дополнительное её изучение в рамках факультативного курса позволит обучающимся укрепить знания, полученные на других предметах: таких, как физика, география, химия и биология. Фактически содержание курса знакомо обучающимся старших классов из указанных выше общеобразовательных дисциплин, поэтому необходимо подготовить методическую базу для проведения факультатива, готовящего педагога не к передаче знаний, а к разработке способов получения знаний и открытий по астробиологии, исходя из уже имеющихся знаний.

Задача курса – не только изучение условий зарождения и существования жизни на основе имеющейся информации о жизни на Земле, но и проблема поиска. Для того, чтобы быть готовым вести поиск внеземных цивилизаций, необходимо знать основные методы моделирования условий жизни на планетах, а также основные «маркеры», в основном, представляющие собой органические соединения, которые оставляет после себя жизнь, и которые обеспечивают жизнь в известной нам форме. Предполагается, что работа над этими методами составит большую часть курса астробиологии.

Курс может быть интересен обучающимся любого профиля обучения, ведь помимо естественнонаучных вопросов могут быть затронуты этические и философские проблемы, например, определение живого, «земной шовинизм» и моральный статус внеземного разума.

## От ПСЗ 2008 к ПСЗ 2017: проблемы и успехи популяризации астрономии

*Нестеренко А. Р.<sup>1</sup>, Нестеренко И. Н.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский национальный исследовательский государственный Университет

<sup>2</sup>Институт Ядерной Физики им. Г. И. Будкера СО РАН

*nesterenko@post.nsu.ru, nesterenko59@gmail.com*

Обсерватория Вега, одна из немногих обсерваторий регулярно проводящих съемки репортажей для новостной ленты федеральных ТВ каналов и различных электронных и печатных СМИ. Этот путь популяризации астрономии начинался в дни подготовки к полному солнечному затмению 2008 года. В эти дни обсерватория проводила большой комплекс мероприятий, связанных с: организацией наблюдений группам из 14 стран мира, с организацией международной конференции «Солнечная корона и физика плазмы», с организацией ОНЛАЙН трансляции ПСЗ в интернет (трафик трансляции – более 2 Тб за 2 часа) и трансляции на ТВ каналы. С тех пор обсерваторией проведено еще несколько трансляций астрономических событий, включая трансляцию Транзита Венеры в 2012 году и реконструкцию наблюдений Т.В., проведенного в 1761 г. с тщательным анализом оборудования и оптики, примененной М. В. Ломоносовым. Проведены десятки репортажей для Вести Россия. Размещены десятки ответов на различные запросы СМИ по темам, которые повторялись вслед за западными СМИ, по темам освещающим незапланированные астрособытия и по редким темам, предложенным нашей обсерваторией для СМИ, которые были приняты СМИ как темы важные для новостной ленты. Взаимодействие со СМИ для популяризации астрономии и физики дело достаточно сложное и не всегда результат взаимодействия является на 100% предсказуемым. Тем не менее, такое взаимодействие необходимо. В докладе будут освещены некоторые проблемам взаимодействия со СМИ и пути решения этих проблем. Так же в докладе будут приведены: авторское учебное пособие для журналистов, фрагменты различных публикаций в СМИ, запись затмений от 1 до 4 контактов от 2008 года и 2017 года.

### Слово об академике Г. А. Шайне

*Гершберг Р. Е.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*gershberg@crao.crimea.ru*

В связи со 125-летием со дня рождения Г. А. Шайна приводится краткая биографическая справка о нём, перечисляются его основные научные достижения, научно-организационные результаты и влияние его личности на советскую астрономию.

# ПОСТЕРЫ

## Популяризация астрономии и наук о земле в научно-экологических экспедициях молодежного клуба «Непоседа»

*Боровик В. Н.<sup>1</sup>, Карчевский М. Ф.<sup>2</sup>, Шахт Н. А.<sup>1</sup>, Кияева О. В.<sup>1</sup>, Рощина Е. А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>2</sup>Межрегиональное общественное объединение, Молодежный экологический клуб, Санкт-Петербург

*vnborovik@mail.ru*

По инициативе специалистов-геологов в 1989 г. была начата работа со школьниками в рамках летних научно-познавательных экспедиций. В 1994 г. был основан молодежный экологический клуб «Непоседа». В клубе удалось объединить в качестве преподавателей более 50 специалистов – представителей различных отраслей наук, в основном наук о Земле, о космосе, о воде, о растительном мире. С 1998 г. в экспедициях принимают участие астрономы из Пулковской обсерватории и из других организаций. Местом расположения экспедиций является палаточный лагерь в Карелии на берегу озера Вуокса. Также организуются экспедиции и походы по Псковской и Вологодской областям.

Наш клуб является коллективным членом Русского географического общества, Общероссийского Союза общественных объединений «Гражданское общество – детям России» и др. организаций. Все преподаватели работают на общественных началах, посвящая детям часть своего отпуска. Вместе с геологами, гидрологами, биологами астрономы читают лекции и проводят практические занятия со школьниками и студентами. Учащиеся изучают основы астрономии, работают со звездными картами, делают макеты астрологии Птолемея и солнечного кольца. Наблюдают с телескопом Солнце, звезды и планеты. Преподаватели знакомят их с последними результатами научных исследований. В конце смены – обязательная научная конференция для учащихся. Помимо популяризации чисто научных знаний, главной нашей задачей является стремление убедить подрастающее поколение в ценности и неповторимости окружающего нас мира и в необходимости беречь нашу планету Земля.

## Юношеская астрономическая обсерватория Малой академии наук Крыма «Искатель»

*Кичижицева М. В.*

ГБОУ ДО РК «МАН «Искатель»

*kichmar@mail.ru*

Более 70 лет назад в Симферополе был организован астрономический кружок, который вырос в Симферопольское общество любителей астрономии (СОЛА). В 1961 году было завершено строительство Юношеской астрономической обсерватории. Основными направлениями исследования любителей астрономии были наблюдения метеоров, Солнца, планет и Луны.

Сегодня обучение в кружках обсерватории ведется по нескольким направлениям: астрономия и астрофизика, естествознание, космическая живопись и моделирование, физика, астрофотография. В обсерватории занимаются дети от 6 до 18 лет.

Сотрудники обсерватории ведут не только учебную работу со школьниками. Одним из основных направлений деятельности является научно-исследовательская. Учащиеся Юношеской астрономической обсерватории активно участвуют в работах конференций, семинаров, олимпиад, конкурсов различных уровней, чаще всего становясь их победителями и призёрами. Сотрудники и воспитанники активно участвуют в просветительской деятельности.

Среди выпускников есть астрономы, ученые в различных отраслях науки и техники, врачи, учителя, военные, кандидаты и доктора наук, профессора и просто хорошие люди. Имена четырех из них носят астероиды, бороздящие просторы Космоса: Любарский, Владимирский, Ягудина и Мартыненко.

Юным астрономам Симферополя всегда везло на настоящих людей (ученых), которые помогали и помогают ценными советами, оборудованием, работой с одаренными детьми. Особенно хочется отметить неоценимую помощь, оказываемую нам сотрудниками ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН» и Крымской астрономической станции МГУ им. М. В. Ломоносова.

## **Второй Всероссийский Полевой Семинар по археоастрономии: Астрономические методы исследований археоастрономических объектов горной гряды Сундуки и других исторических объектов**

*Нестеренко А. Р.*

Новосибирский национальный исследовательский государственный Университет, обсерватория Вега,  
Новосибирск

*nesterenko@post.nsu.ru*

Семинар был проведен с 21 по 25 сентября 2016 года в Хакасии при поддержке гранта РФФИ №16-06-20674. Тематика докладов касалась различных вопросов археологии, истории астрономии, а так же развитию данного направления исследований, которое в последнее время расширяет ряды своих последователей, как в России, так и в мире. В числе таких последователей были участники полевого семинара из Пскова, Москвы, Улан-Удэ, Новосибирска и Красноярска. Заочное участие приняли исследователи из Болгарии, Ирака и Украины. Такое направление как АА весьма способствует популяризации Астрономии, поскольку представления древних людей о строении небесного свода достаточно просты, понятны и интересны очень многим. Задачи экспериментальной части полевого семинара, который прошел в дни осеннего равноденствия включали в себя, кроме решения задач по поиску наблюдательных астрономических площадок, задачи по изучению геологических факторов структур, образующих элементы АА объектов. Ежедневно проводились экскурсии и наблюдения на АА объектах горной гряды. Проводился осмотр объектов геологом Негода И.В. (ИГГ СО РАН) с целью выяснения происхождения сооружений: естественного или искусственного. Были взяты образцы пород на знаковых площадках и расщелинах объектов. В результате проведенных исследований выяснилось природное происхождение некоторых АА объектов, что не исключает возможности использования этих объектов древним населением в качестве объектов астрономического назначения. В докладе будут представлены различные АА объекты горной гряды Сундуки.

## **Система дополнительного астрономического просвещения в культурно-просветительском центре имени В.В. Терешковой**

*Перов Н. И.<sup>1,2</sup>, Тихомирова Е. Н.<sup>1</sup>, Роменская О. М.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup>Культурно-просветительский центр им. В. В. Терешковой

<sup>2</sup>Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского

*perov@yarplaneta.ru*

В центре имени В.В. Терешковой разработана система астрономического просвещения. В ее структуру входят астрономические кружки (младшая, средняя и старшая группы), 2 отряда космонавтов, любительские объединения и клубные формирования, работающие по планам «Трибуны ученого», астрономической обсерватории и творческих встреч. Отличия системы просвещения Центра характеризуются поисково-исследовательской работой участников – получением, впервые, новых знаний; представлением оригинальных результатов собственных исследований; развитием творческих способностей на основе создания участникам кружка объектов интеллектуальной собственности. Четырехлетняя программа просвещения в области астрономии включает общий курс астрономии, астрометрию, небесную механику, астрофизику по 105 часов в год. Предлагаются поисковые работы, например, «Поиск новых закономерностей в звездной астрономии»; «Определение предельных масс звезд различных типов»; «Исследование распределения массы Галактики»; «Практическое применение черных дыр»; «Локализация опасных небесных тел в пространстве-времени»; «Решение проблемы «катастрофы» квазаров». Кружковцы – участники просветительских мероприятий (школьных, муниципальных, вузовских, региональных, российских, международных): олимпиад, конференций, конкурсов. Публикуют научные результаты своих исследований в учреждениях Ярославля, Томска, Самары, Калуги, Москвы. Просветительская работа проводится в тесном сотрудничестве со школами города и области, Департаментами образования и культуры, ГЦРО, астрономическими кружками и университетами России, ЦПК им. Ю. А. Гагарина, международными астрономическими организациями. Кружковцы неоднократно становились участниками космических смен в Артеке и Орленке.

## Практические работы и наблюдения на занятиях по астрономии

*Шац Н. В.*

Юношеская астрономическая обсерватория ГБОУ ДО РК «МАН «Искатель»

*n.shats@yandex.ua*

В процессе изучения астрономии на первый план выступают приёмы формирования навыков научно-исследовательской деятельности, под которыми понимают владение учениками методами познавательной деятельности в естественно-научных исследованиях, знаниями алгоритмов наблюдений, проведения исследования, фиксирования результатов, а также умение обрабатывать и анализировать полученные данные. Лучше всего эти навыки формируются в процессе выполнения практических работ и наблюдений.

Наблюдения ближайших к Земле небесных тел (Солнца, Луны, планет), явлений в атмосфере и околоземном пространстве (метеоры, ИСЗ и др.) способствуют пониманию физической природы явлений, дают сведения о применении теории к практике, а также являются одним из обучающих методов, способствующих усвоению учащимися знаний и умений.

Педагоги Юношеской астрономической обсерватории г. Симферополя имеют многолетний опыт проведения такого рода работ, большая часть из которых не требуют для выполнения сложного или специального астрономического оборудования.

Так, на основе практического опыта были разработаны методические пособия по наблюдениям движения Луны по небесной сфере, лунных фаз, либрации с последующим вычислением значений и анализом результатов. Многолетняя работа Службы Солнца обсерватории легла в основу сборника для наблюдений и анализа солнечной активности. Уникальный опыт наблюдений метеоров обобщен в пособие для наблюдателей.

В связи с введением астрономии в школьную программу перечисленные выше методические пособия могут быть интересны учителям школ для планирования практических работ на уроках.

## Практические рекомендации по работе с базами данных Крымской астрономической виртуальной обсерватории

*Шляпников А. А.*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

*aas@craocrimea.ru*

Проект «Крымская астрономическая виртуальная обсерватория» стартовал в 2007 году и является порталом, обеспечивающим доступ к следующим базам данных: сотрудники, проекты, инструменты, наблюдения, каталоги/списки, объекты, конференции, публикации, программы, фотографии, образование. А также обеспечивает возможность выполнять виртуальные наблюдения. В докладе рассмотрены практические рекомендации по работе с базами данных «Крымского обзора малых тел» и «Плана Г. А. Шайна». Данные разделы обеспечивают доступ к оцифрованным негативам из стеклянной библиотеки обсерватории. Показаны возможности поиска негативов по указанным координатам или наименованию объектов. Рассмотрены особенности астрометрической калибровки широкоугольных наблюдений. Наложения на изображения информации из различных каталогов и баз данных. Описаны особенности фотометрической калибровки и извлечения информации о блеске конкретных объектов. Все примеры работы с базами данных проиллюстрированы с применением приложений Международной виртуальной обсерватории. Рекомендации предназначены для студентов и аспирантов астрономических отделений университетов, а также научных сотрудников, занимающихся позиционными наблюдениями малых тел и фотометрическими исследованиями звёзд.