

## Магнитные звезды в области ассоциации Орион OB1

И.И. РОМАНЮК,  
доктор физико-математических наук

Е.А. СЕМЕНКО,  
кандидат физико-математических наук  
САО РАН

---

В настоящей статье обсуждаются проблемы лишь одного из направлений звездной астрофизики – наблюдения некоторых типов звезд с необычным химическим составом в огромной ассоциации молодых звезд Орион OB1. Исследования проводились в 2010–2016 гг. в Лаборатории исследований звездного магнетизма САО РАН.



### ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В КОСМОСЕ

Каждый раз, когда вступают в строй новые, более совершенные телескопы, астрономы, работающие на них, получают возможность исследовать то, что раньше никому не удавалось: видеть рекордно слабые удаленные объекты, ре-

гистрировать сверхбыстрые скоротечные явления, получать спектры и изображения небесных тел с рекордно высоким пространственным разрешением, позволяющие точнейшим образом измерять их характеристики.

Несмотря на достигнутый в мире прогресс последних десятилетий, крупных телескопов

построено не так уж много, тогда как сложных задач с их использованием – всегда в избытке (Земля и Вселенная, 2004, № 2). По этой причине все современные телескопы универсальны – они могут решать максимально широкий круг вопросов, применяя небольшое количество навесного оборудования. Но иногда на телескопы

устанавливается аппаратура, созданная для решения узкоспециализированных задач: к такому относится изучение магнитных полей во Вселенной. Магнитное поле присутствует всюду в нашей Галактике и за ее пределами, огромно его влияние на физические процессы, происходящие в звездах. В большинстве случаев магнитное поле оказывается причиной различных вспышек, взрывов и других проявлений процессов нестационарности. Есть и другие случаи – когда магнитное поле является стабилизирующим фактором, как бы “замораживая” состояние вещества. Только методами астрофизики можно исследовать магнитные поля в космосе, что имеет фундаментальное значение.

В начале 1960-х гг. в СССР в научном обосновании проекта строительства крупнейшего в мире 6-м телескопа БТА (Земля и Вселенная, 1977, № 6), наряду с вопросами строения и эволюции звезд и галактик, на ней был сделан акцент.

В конце 1960-х гг., еще до ввода 6-м телескопа БТА в эксплуатацию, для реализации направления исследований в области звездной астрофизики в нашей обсерватории была создана специальная группа под руководством кандидата

физико-математических наук (ныне главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук) Юрия Владимировича Глаголевского. Ко времени начала работы БТА (1977 г.) сотрудники группы “Магнитные звезды” САО АН СССР сумели разработать, изготовить и внедрить на новом телескопе аппаратуру, необходимую для наблюдения звездных магнитных полей. В дальнейшем тематика исследований была расширена. Сейчас для наблюдений звезд с магнитными полями ежегодно выделяется 10–15% наблюдательного времени телескопа, а сама обсерватория по праву считается одним из ведущих мировых центров в области изучения звездного магнетизма.

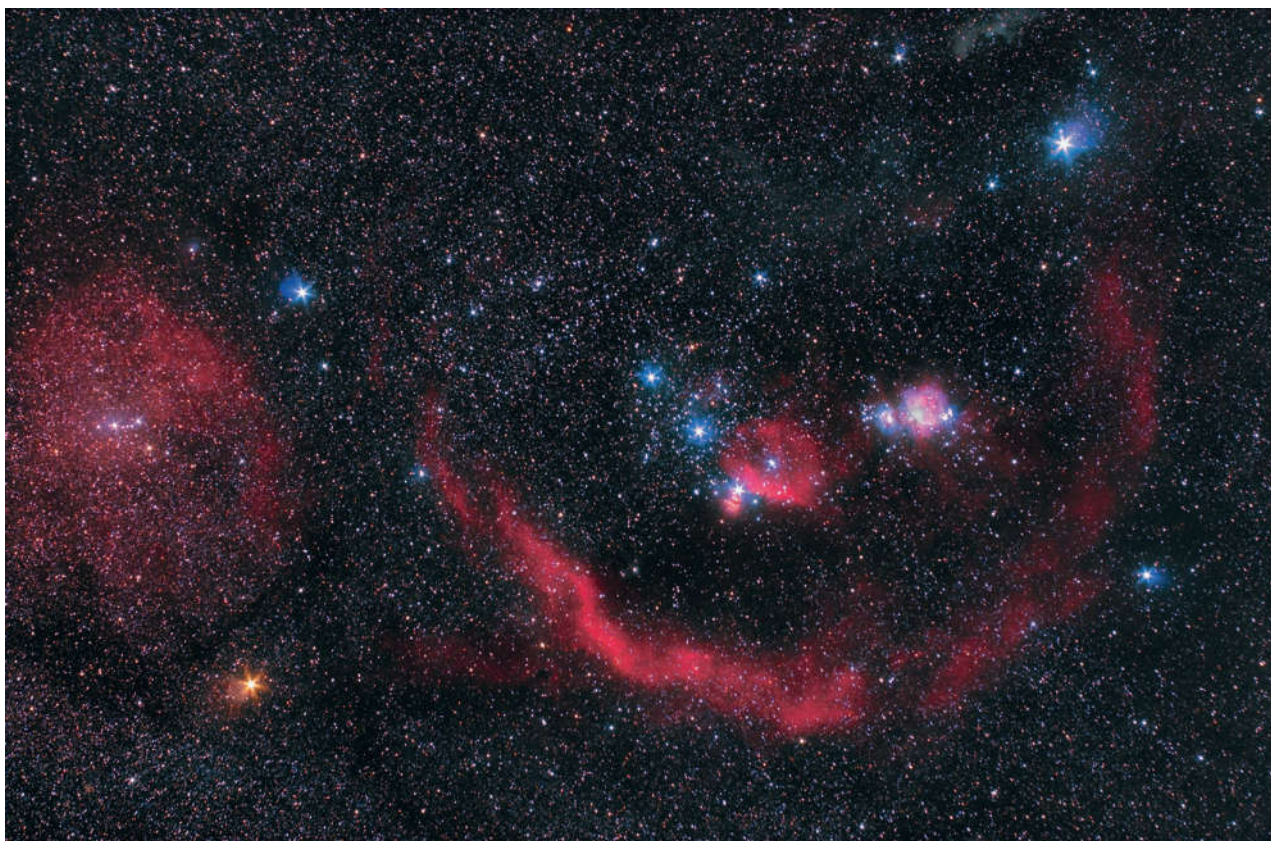
#### АССОЦИАЦИЯ ОРИОН ОВ1

В северном полушарии зимой небо украшает великолепное созвездие – Орион. Формирующие его ярчайшие звезды – сверхгиганты Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона) и Ригель ( $\beta$  Ориона), а также пояс Ориона (“кинжал древнего охотника”) и рядом его верный спутник Большой Пес притягивают любителей, вдохновенно наблюдающих богатства ночного неба. Но Орион выделяется не только своим внешним видом; для астрофизиков созвездие Орион особенно

интересно тем, что здесь находится одна из ближайших к нам областей Галактики с большим количеством О- и В-звезд. Эта разреженная, но многочисленная группа молодых и массивных объектов, связанных общим происхождением, получила название ассоциация Орион ОВ1.

Термин “звездные ассоциации” ввел в оборот советский астрофизик академик В.А. Амбарцумян. Он выделил очень молодые группировки звезд, которые еще не успели далеко “улететь” от места их формирования. Изучая ассоциации, можно разобраться в самых ранних стадиях эволюции звезд, понять, каким образом они приобретают впоследствии те или иные характеристики: в частности, почему только часть из них (около 10–15%) имеет значительные, крупномасштабные магнитные поля.

Хотя мир звезд очень разнообразен, большая их часть на диаграмме Герцшпрунга – Рессела находится на Главной последовательности. Основным источником энергии этих звезд являются реакции горения водорода в ядре. Продолжительность стадии этого процесса зависит от массы звезды и составляет миллионы лет для массивных В-звезд и многие миллиарды лет – для желтых и красных



*Область звездного неба ассоциации Орион OB1.*

карликов. Членами ассоциации Орион OB1 являются только массивные O- и B-звезды.

#### МАГНИТНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Магнитные поля у большинства звезд, по-видимому, присутствуют на всех стадиях эволюции и имеют разную величину и топологию: они могут быть глобальными и охватывать всю звезду или иметь локальный характер; последнее характерно для как бы “кипящих” атмосфер

холодных звезд. Например, пятна на холодной звезде Солнце – это области выхода на поверхность трубок сильного магнитного поля величиной до 2–3 кГс. При сближении трубок с полями разной полярности возникает перезамыкание магнитных линий, и энергия поля (солнечная вспышка) превращается в тепловую. Такой механизм вспышечной активности у звезд наблюдается часто (Земля и Вселенная, 2013, №№ 3, 5).

Но есть и другой вид звезд с магнитными полями. Сильное поле (более 1 кГс), покрывающее всю поверхность, наблюдается у части OBA – звезд со спокойными

стабильными атмосферами. Такое поле способно вызвать эффект “замораживания” атмосферы.

Это приводит к возникновению феномена пекулярных звезд, обладающих необычными свойствами – аномалиями в содержании химических элементов, по сравнению с солнечным, и сильным магнитным полем. Индукция поля отдельных пекулярных звезд достигает нескольких десятков килогауссов (на порядок больше, чем в солнечных пятнах).

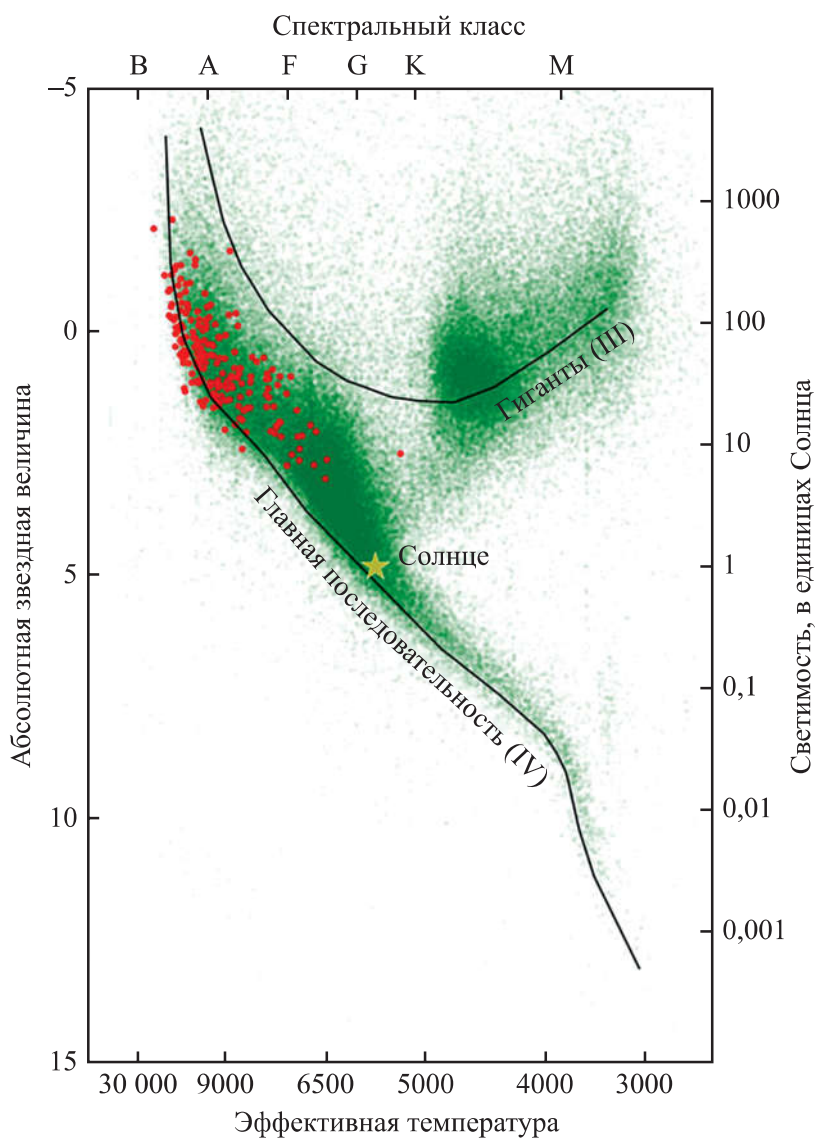
Общее магнитное поле пекулярных звезд (с некоторыми отклонениями) имеет дипольную конфигурацию. Кроме дипольной составляющей иногда обнаруживается

Диаграмма Герцшпрунга – Рессела. Ар- и Вр-звезды обозначены красными точками. По данным каталогов, составленным по результатам работы космической обсерватории “Гиппарх” (“Hipparcos”, ESA).

вклад квадрупольной компоненты или присутствие мультиполей более высоких порядков (октупольной и т.д.).

Магнитное поле пекулярных звезд почти всегда сопровождается аномальным (усиленным или ослабленным) содержанием отдельных химических элементов: традиционно отмечается повышенное (по сравнению с Солнцем) содержание кремния, хрома, стронция и редкоземельных элементов – таких, как европий, гадолиний, неодим. Наиболее многочисленная группа химически пекулярных звезд имеет спектральные классы А и В, поэтому иногда эти объекты называют еще Ар- и Вр-звездами.

Во второй половине XX в. выяснилось, что такие особенности химического состава характеризуют не всю звезду, а только ее атмосферу, где элементы концентрируются в виде пятен; вне пятен содержание указанных элементов – нормальное



или даже пониженное. В некоторых случаях было установлено, что расположение химических пятен на поверхности звезды зависит от топологии ее магнитного поля. В 1970 г. канадский астрофизик Ж. Мишо предложил объяснение механизма, отвечающего за возникновение неоднородностей на поверхности химически пекулярных звезд. Суть его заключается в том, что крупномасштабное магнитное поле “подавляет” движение плазмы

в направлении, перпендикулярном силовым линиям поля. Атмосфера звезды находится в равновесии: сила лучистого давления выталкивает вещество из более глубоких горячих слоев, в то же время сила гравитации стремится притягивать вещество к центру звезды. В таких условиях атомы и ионы химических элементов под действием лучистого давления в гравитационном поле звезды могут очень медленно дрейфовать в нижние или

в верхние слои атмосферы; возможен дрейф по поверхности элементов, по-разному “чувствительных” к магнитному полю, в области с разным расположением его силовых линий. Явление получило название магнитной диффузии атомов.

На диаграмму Герцшпрунга – Рессела недавно были помещены Ар- и Вр-звезды, взятые из каталогов, составленных по данным космической обсерватории “Гиппарх” (“Hipparcos”, ESA). Исследования показали, что по своим показателям (массе и температуре) магнитные звезды не отличаются от нормальных А- и В-звезд, однако они вращаются значительно медленнее, с угловой скоростью в 3–4 раза меньше обычных. Многолетние наблюдения Ар- и Вр-звезд показали, что их атмосферы удивительно стабильны. На протяжении десятков лет не удалось обнаружить ни изменений структуры или положения пятен химического состава на поверхности, ни изменений топологии поля. Причиной этой закономерности считается то, что магнитным полем “охвачена” вся атмосфера звезды. На Солнце такое “общее” поле тоже найдено, оно имеет дипольную структуру, но величина поля составляет всего несколько Гс – на три порядка меньше,

чем у магнитных звезд. В сравнении с Солнцем магнитная Ар/Вр-звезда – это “монстр” с более горячей, но “замороженной” магнитным полем атмосферой.

В настоящее время у исследователей есть общее представление о том, что происходит с “магнитными звездами” во время их пребывания на стабильной стадии – Главной последовательности. Невыясненным остается механизм генерации столь сильных их магнитных полей. Факты, полученные в наблюдениях, указывают на то, что сильные поля возникли на стадиях эволюции, предшествующих Главной последовательности.

Для того, чтобы ответить на вопрос, как возникли такие “монстры”, необходимо максимально изучить молодые А- и В-звезды, находящиеся в самом начале эволюции на Главной последовательности. Возраст одиночной звезды определяется с очень большими ошибками; ситуация с определением возраста значительно лучше для звезд–членов рассеянных звездных скоплений. Поэтому, на взгляд авторов, для решения проблемы генерации магнитных полей лучше всего исследовать звезды, находящиеся в молодых звездных скоплениях и в ОВ-ассоциациях, одна из которых находится в созвездии Ориона.

## ГРУППЫ ЗВЕЗД В АССОЦИАЦИИ

Большинство объектов в ассоциации Орион ОВ1 – это нормальные звезды Главной последовательности спектральных классов О, В и А, однако ее членами являются также и еще не ставшие нормальными звезды типа Хербига-Аро, Ae/Be Хербига, Т Тельца, а также разного вида туманности и молекулярные облака. Мы ограничимся рассмотрением только звездного населения ассоциации: группировки горячих звезд в ней не раз привлекали к себе внимание.

В 1994 г. голландский астроном А. Браун с соавторами опубликовали одну из наиболее обстоятельных работ, посвященных населению ассоциации Орион ОВ1. Взяв за основу общепринятые фотометрические и астрометрические критерии (собственные движения, цвета) принадлежности объектов к скоплению, авторы выделили 814 звезд – членов ассоциации. Согласно А. Блаау (1964), звезды в этой ассоциации были разделены на четыре группы. Наиболее старые (их 311), возрастом около 10 млн лет, относятся к группе А – они находятся в северной части созвездия Ориона. Группа В насчитывает 139 объектов

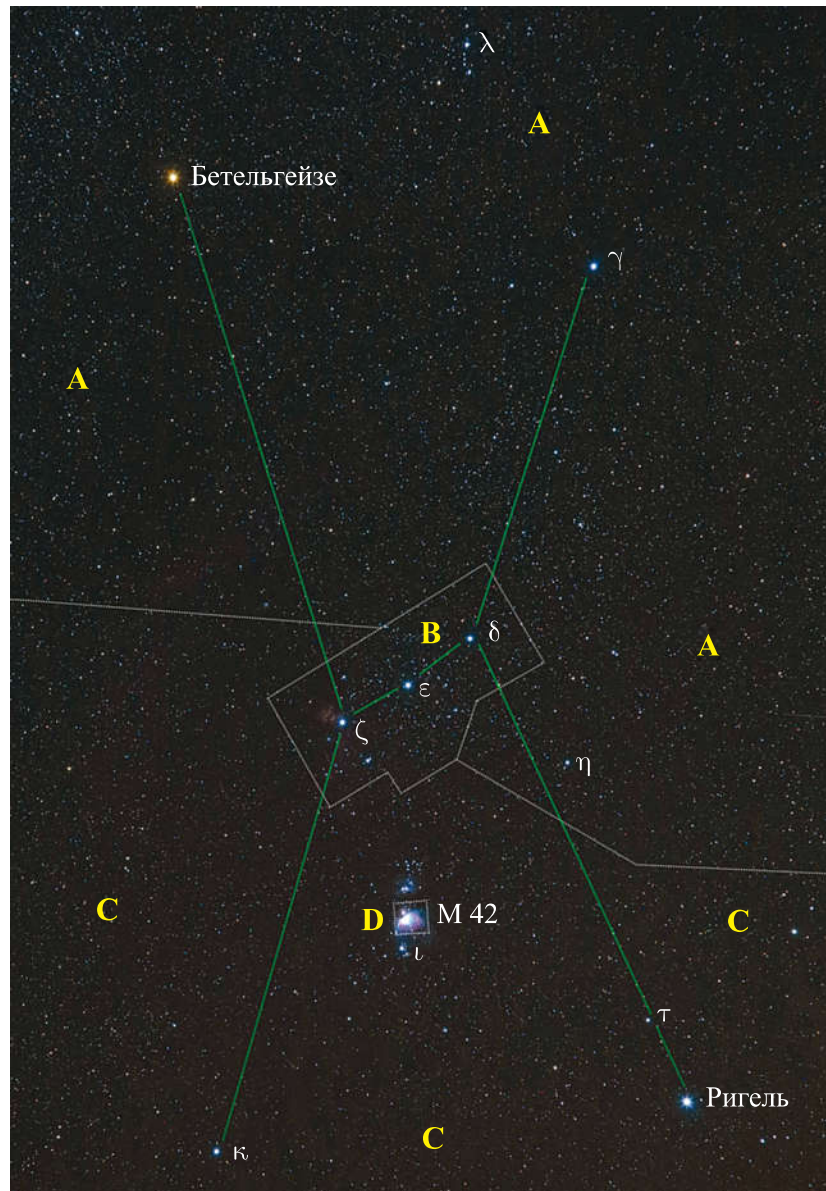
Фрагмент участка неба в ассоциации Орион OB1, на котором звезды разделены на группы. Внизу расположена большая туманность Ориона M42 (NGC 1976).

возрастом около 2 млн лет, они расположены в поясе Ориона. Область к югу от пояса Ориона содержит 350 звезд группы С, они образовались около 5 млн лет назад. Наиболее компактная группа D относится к центральной части ассоциации, возраст 14 звезд в ней составляет менее 1 млн лет.

Начиная с 2010 г., авторы начали исследовать ассоциацию Орион OB1 с целью поиска в ней магнитных звезд. На первом этапе были выделены в ассоциации химически пекулярные звезды, используя сведения о них из литературных источников.

Оказалось, что в ассоциации находятся 62 потенциально магнитные пекулярные звезды, большинство из них (59 объектов) – Вр-звезды с аномальными линиями гелия и кремния в спектрах.

Как правило, в спектрах звезд подклассов В2–В5 линии гелия (а, значит, и его содержание в атмосфере) усилены; но в подклассах В6 – В9 наблюдается его дефицит в сравнении с



содержанием этого элемента на Солнце; линии кремния в спектрах пекулярных звезд, как правило, усилены.

В 2010 г. группа исследователей САО РАН (Д.О. Кудрявцев, И.И. Романюк, Е.А. Семенко и И.А. Якунин) начала спектрополяриметрические исследования пекулярных звезд в ассоциации Орион OB1 на 6-м телескопе БТА, используя методы спектрополяриметрии. Получены

новые важные результаты: обнаружено несколько очень редких магнитных звезд.

Прежде чем перейти к изложению наиболее важных результатов, полученных в процессе измерения магнитных полей звезд в ассоциации Орион OB1, считаем нужным кратко остановиться на описании методики и техники магнитных измерений, применяемых в астрофизических исследованиях.

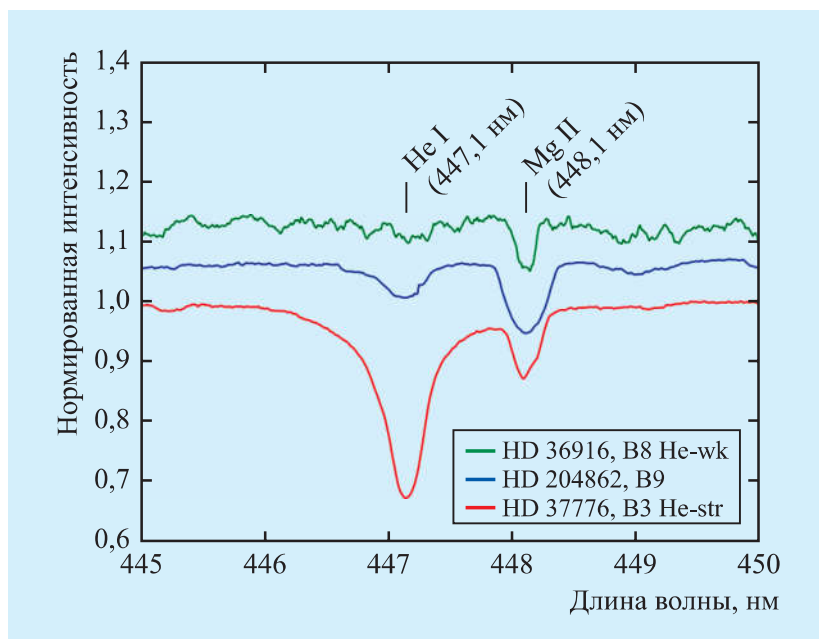


График участка спектра в области длин волн 445–450 нм для трех звезд: HD 36916, HD 204862 и HD 37776. Видна постоянная по интенсивности линия Mg II ( $\lambda = 448,1$  нм) и сильно различающиеся линии He I ( $\lambda = 447,1$  нм). У HD 36916 (B8 He-wk), линии гелия ослаблены, у HD 204862 (B9) – нормальные, у HD 37776 (He-str) – усилены.

#### МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЗВЕЗД

Наиболее часто в измерении магнитных полей звезд используется метод, основанный на проявлении эффекта Зеемана в их спектрах. В 1896 г. голландский физик П. Зееман обнаружил явление расщепления и поляризации спектральных линий раскаленной натриевой лампы в присутствии внешнего магнитного поля; впоследствии это явление было названо его именем.

Картина расщепления и характер поляризации расщепленных компонентов зависит от условий наблюдения. В простейшем случае – когда луч зрения ориентирован в направлении, поперечном силовым линиям поля, – спектральная линия разделяется на три компонента: несмещен-

ный центральный  $\pi$ -компонент и два симметрично удаленных от него  $\sigma$ -компонента. При наблюдениях, когда луч зрения направлен вдоль силовых линий (продольный эффект Зеемана),  $\pi$ -компонент спектральной линии отсутствует, а  $\sigma$ -компоненты поляризованы по кругу. Расстояние по длине волны между последними прямо пропорционально величине поля.

В силу ряда причин, оказалось, что использование продольного эффекта Зеемана в спектрах магнитных Ap- и Bp-звезд позволяет значительно точнее и проще изучать их магнитные поля, чем в его поперечной вариации; поэтому практически всегда измеряется не вектор магнитного поля, а лишь его продольная компонента. В более

сложных случаях (например, звезды с локальными полями разной полярности) измерять их суммарный продольный компонент часто невозможно, так как пятна разного знака компенсируют друг друга в поляризации, даже если поле и присутствует.

Магнитные химически пекулярные звезды интересны как раз тем, что их глобальные поля имеют простую структуру (в основном дипольную): звезда вращается, и (в подавляющем большинстве случаев) в момент наблюдений исследователю видна преимущественно со стороны одного полюса.

В 1946 г. американский астроном Г. Бэбкок с помощью специально сконструированного им анализатора круговой поляризации впервые обнаружил магнитное поле звезд. Основные прин-

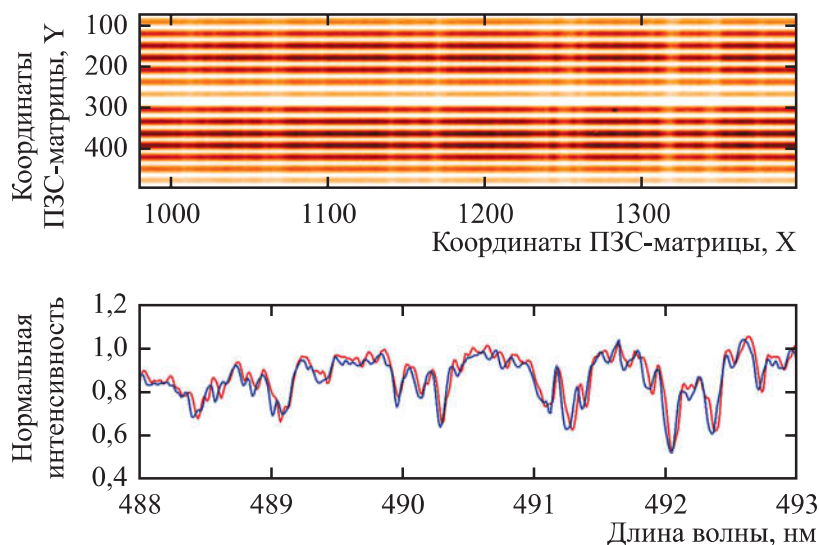
ципы конструкции прибора Г. Бэбкока были реализованы в анализаторах поляризации, используемых сейчас на 6-м телескопе БТА. Нашими сотрудниками Г.А. Чунтоновым и И.Д. Найденовым были разработаны и изготовлены несколько таких приборов.

Анализатор разделяет изображение звезды на два – поляризованные по кругу и в противоположных направлениях (лево- и правополяризованные). В камере спектрографа регистрируются одновременно два спектра звезды, один из которых представляет собой левую  $\sigma$ -компоненту всех линий, а другой – правую.

Измерение магнитных полей звезд заключается в определении смещений центров тяжести (или профилей поляризации) линий в их спектрах. Чем больше линий в спектре звезды, чем они уже; и чем меньше количество деталей на их профиле, тем точнее можно измерить ее магнитное поле.

#### ГИПОТЕЗЫ ОБРАЗОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД

Ученым пока не совсем понятно, как возникли магнитные поля пекулярных звезд, но все больше подтверждений получает так называемая “реликтовая” гипотеза. Она заключается в том, что в настоящее



*Изображение спектра звезды HD 178892 с сильным магнитным полем и результаты обработки данных. Вверху – фрагмент спектра, полученный с использованием анализатора поляризации и специального оптического прибора – резателя изображения, позволяющего эффективно использовать свет от звезды в спектрографе. Внизу – запись участка спектра, полученного в одной поляризации; он сдвинут по сравнению с другой, что указывает на наличие очень сильного магнитного поля.*

время наблюдаются оставшиеся после формирования звезды “реликтовые” поля. Во время жизни звезды на Главной последовательности (при отсутствии генерации поля) оно постепенно ослабевает. Мелкие детали должны распадаться быстрее, поэтому с возрастом строение поля упрощается и остается только его дипольная составляющая.

Альтернативная гипотеза “турбулентного динамо в ядре” предполагает, что поле непрерывно генерируется в ядре звезды вследствие турбулентных движений, а затем выносится на поверхность и становится наблюдаемым. Обе

теории имеют свои преимущества и недостатки, но свидетельств в пользу “реликтовой” гипотезы больше.

Коллективом нашей лаборатории были сформулированы тесты для проверки работы указанных выше механизмов. Опираясь только на наблюдательные факты, сейчас можно утверждать, что общее магнитное поле пекулярных звезд не генерируется во время их жизни на Главной последовательности. Об этом свидетельствует, например, тот факт, что существуют несколько Ap-звезд с очень большими периодами вращения – более 10 лет. Теория



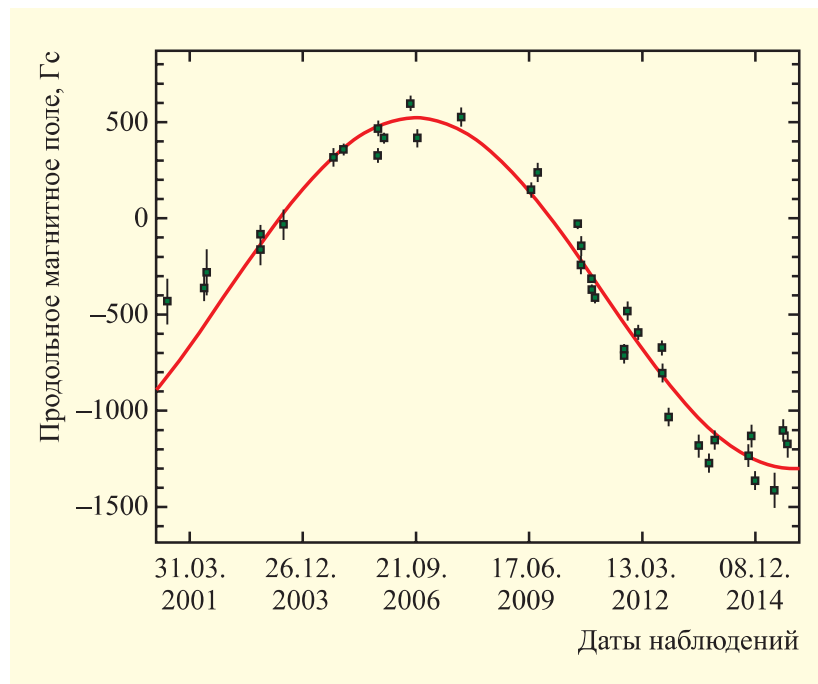


График изменения продольной компоненты поля со временем звезды HD 965. Видна очень медленная гармоническая переменность с характерным периодом около 20 лет. По данным наблюдений на БТА САО РАН.

предсказывает, что для генерации таких сильных полей, которые наблюдаются у пекулярных звезд, требуется гораздо более быстрое вращение – периоды не должны превышать 1–2 недели.

В качестве примера медленного вращения приведем кривую переменной продольного поля Ар-звезды HD 965, полученную авторами на 6-м телескопе почти за 15-летний период наблюдений. Хорошо видно, что величина продольной компоненты поля меняется очень медленно; не завершён даже один оборот звезды вокруг своей оси. Можно ожидать, что период ее вращения составит примерно 20 лет.

Но это не рекорд. Период вращения магнитной звезды гамма из

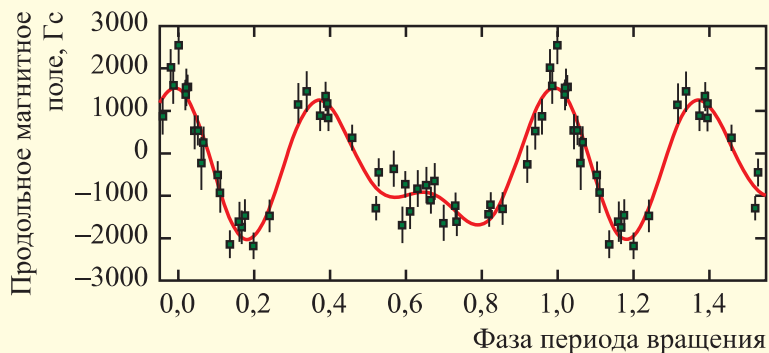
созвездия Малого Коня составляет примерно 100 лет. Точнее его определить пока невозможно, поскольку наблюдения магнитного поля звезды продолжаются не более 70 лет. Существуют доказательства того, что речь действительно идет о вращении звезды, а не о каких-то глобальных изменениях, подобных 11-летнему циклу активности Солнца. Исходя из предположения о реликтовой природе возникновения магнетизма пекулярных звезд, следует ожидать, что поля сложной геометрией будут наблюдаться только у молодых объектов. Это предположение можно проверить: необходимо получить большой объем информации о величине и геометрии магнитного поля молодых и старых звезд. В настоящее

время известно лишь 6 пекулярных звезд со сложной структурой поля, все они имеют возраст менее 10 млн лет. Уже проведенные наблюдения показали, что практически у всех старых пекулярных звезд возрастом более 100 млн лет (детально изучено несколько десятков таких объектов) строение магнитного поля мало отличается от простого диполя. По-видимому, процесс эволюции магнитных полей следует изучать по молодым звездам, только что вышедшим на Главную последовательность, или по их предшественникам. Наблюдения звезд – членов молодых скоплений и ассоциаций – это наиболее подходящий путь.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД АССОЦИАЦИИ ОРИОН OB1

В ассоциации Орион OB1 авторами обнаружены 62 Ар- и Вр-звезды; потенциально каждая из них может быть магнитной. Некоторые из них (17 звезд) уже были

*График изменения продольной компоненты магнитного поля звезды HD 37776 в ассоциации Орион OB1 с фазой периода вращения звезды. Видна сложная несинусоидальная переменность, указывающая на сложную структуру поля. Данные получены канадскими астрономами по линиям водорода.*



ранее известны, так как магнитные поля были обнаружены в конце 1970-х гг. канадскими астрономами Э. Борра и Дж. Ландстритом. Наш коллектив получил на 6-м телескопе БТА с анализатором круговой поляризации спектры всех пекулярных звезд ассоциации Орион OB1. Стало достоверно известно о еще 18 новых магнитных звездах, и теперь их общее количество в ассоциации достигает 35. Еще у нескольких объектов наличие магнитного поля заподозрено, но для подтверждения его наличия необходимо выполнить дополнительные наблюдения. Однако иметь информацию только о магнитном поле звезд недостаточно для нашего анализа, необходимо выполнить наблюдения, фиксируя фазу периода вращения каждой из найденных магнитных звезд, а затем построить кривую переменности продольного поля. Для построения модели магнитной звезды на такой кривой должно быть

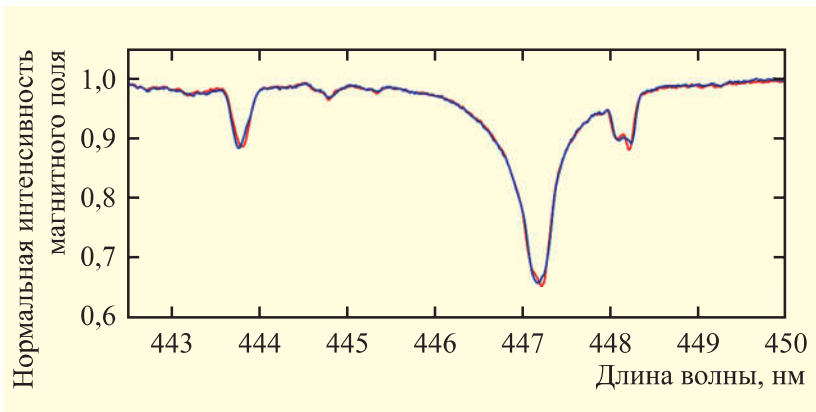
выполнено не менее 20 наблюдений, более — менее равномерно распределенных по фазе периода вращения.

В случае дипольного поля, кривая изменения продольной компоненты с фазой периода вращения звезды имеет вид синусоиды. Сложная кривая указывает на поле сложной конфигурации. Такая кривая переменности продольной компоненты поля звезды HD 37776 — члена ассоциации Орион OB1 — получена в результате наблюдений, проведенных в течение нескольких лет командой канадских астрофизиков под руководством Дж. Ландстрита на специализированном приборе, измеряющем круговую поляризацию спектра в крыльях водородных линий (полученная кривая имеет необычную форму, сильно отличающуюся от обычной синусоиды — в виде двойной волны с разными амплитудами максимумов). Это стало первым указанием на то, что поле звезды имеет

сложную, недипольную структуру.

Звезда HD 37776 входит в группу В ассоциации Орион OB1, а это значит, что ее возраст не превышает 2 млн лет. Сложная структура поля, образовавшаяся во время рождения звезды, еще не успела превратиться в более простую; мы видим поле таким, каким оно образовалось вместе со звездой. Для построения детальной модели поля этой звезды оказалось недостаточно иметь только кривую переменности продольной компоненты поля (о которой речь шла выше). Необходимо выполнить тщательный спектрополяриметрический анализ.

В 1995–2005 гг. И.И. Романюком, В.Г. Елькиным и Д.О. Кудрявцевым для выяснения топологии поля звезды HD 37776 на 6-м телескопе БТА с использованием анализатора поляризации была получена большая серия спектров. Проведенный авторами анализ показал, что спектральные



Фрагмент зеемановского спектра звезды HD 37776 в ассоциации Орион OB1. Видны различия профилей линий в спектрах левой и правой поляризации, что указывает на сложную структуру магнитного поля. По данным наблюдений на телескопе БТА САО РАН.

линии этой звезды имеют необычно сложные профили со значительными различиями в левой и правой круговых поляризациях.

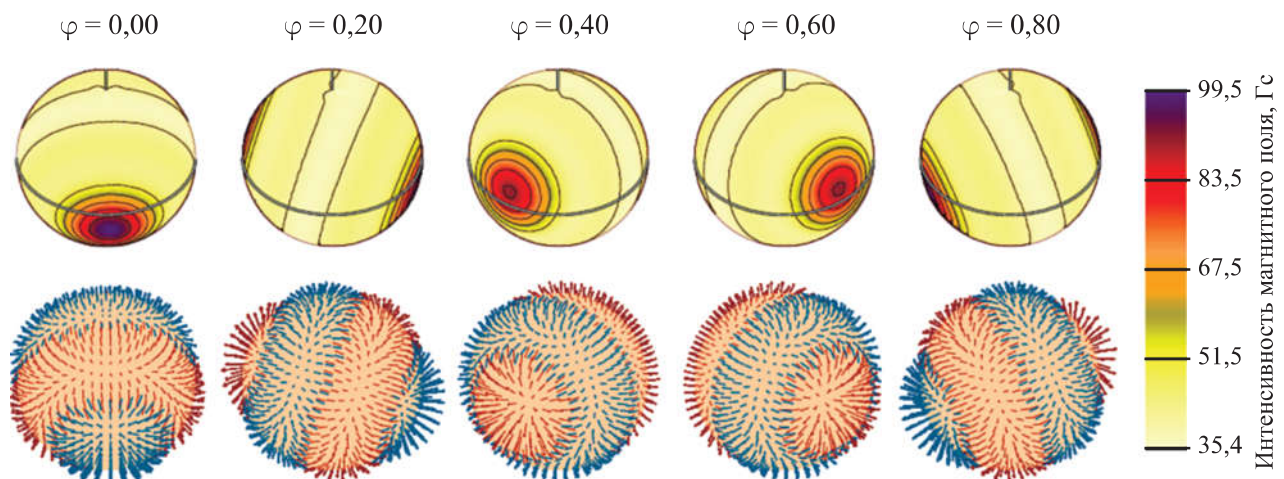
Полученная авторами уникальная серия спектров звезды HD 37776 была проанализирована современными методами магнитного картирования. Наиболее совершенный, на взгляд авторов, метод такого

картирования разработан профессором Н.Е. Пискуновым и его учеником О.П. Кочуховым (Университет Уппсала, Швеция). Взяв за основу спектры, полученные на БТА, О.П. Кочухов смоделировал строение поля этой звезды. Полученная им модель оказалась очень сложной: величина поля на поверхности звезды превышает 30 кГс; геометрия поля не может быть представлена в виде комбинации диполей и мультиполей низкого порядка. Дипольный компонент на порядок слабее локальных полей. По-видимому, мы наблюдаем то поле, которое

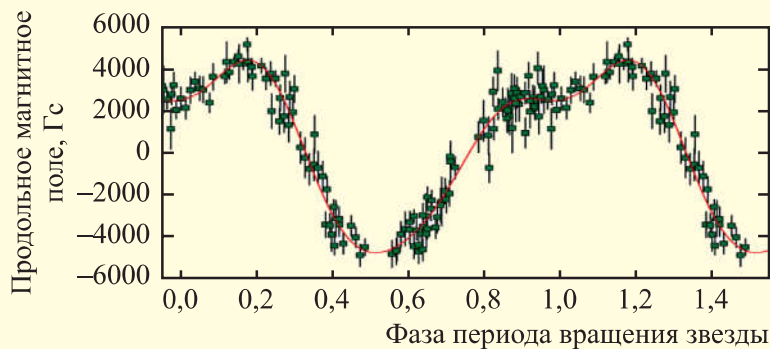
образовалось вместе со звездой на стадии ее эволюции до Главной последовательности. Через несколько десятков миллионов лет локальные поля «рассосутся» и останется только довольно слабый дипольный компонент.

Другая необычная звезда – HD 34736 в ассоциации Орион OB1 – была отождествлена авторами как магнитная совсем недавно: первые зеемановские спектры звезды были получены на БТА в конце 2013 г. Уже первые наблюдения подтвердили наличие у нее сильного переменного продольного магнитного

Модель магнитного поля звезды HD 37776 по результатам магнитного картирования. Из статьи О.П. Кочухова и др. ("Astrophysical Journal", V. 726, 2011 г.).



*График переменности продольного магнитного поля двойной звезды HD 34736 в ассоциации Орион OB1. Кривая отличается от синусоиды, что свидетельствует о сложной недипольной структуре ее магнитного поля. По данным наблюдений телескопа БТА САО РАН.*



поля, более того, в спектре присутствовали одновременно линии двух звезд. Это довольно редкий случай, так как доля двойных среди магнитных А- и В-звезд в два раза ниже, чем среди нормальных звезд тех же спектральных классов. Очень важно понять, какова роль магнитного поля при образовании двойных звезд, и HD 34736 представляется очень удачным объектом при исследованиях этой проблемы. В течение двух лет эту звезду наблюдали более 120 раз. Сейчас мы знаем, что она – член двойной системы с очень высокоэллиптической орбитой. Главный компонент – звезда спектрального класса В8 – обладает сильным магнитным полем, вторичный компонент – А-звезда – магнитным полем не обладает. В момент максимального сближения спутник близко подходит к главной магнитной В<sub>p</sub>-звезде. Его орбитальный период составляет около 83 суток, но нуждается

в уточнении. Продольный компонент магнитного поля главной звезды системы HD 34736 меняется с периодом в 1,29 сут, который одновременно является и периодом ее вращения вокруг своей оси. В физике этой уникальной двойной системы еще много неясного: например, необходимо определить, синхронизированы ли орбитальное движение и вращение этой магнитной звезды. Результат позволит установить, как связаны между собой магнитное поле главной звезды и движение ее спутника по орбите: вытянутая орбита свидетельствует о молодости системы (это хорошо согласуется с представлениями о возрасте ассоциации). По-видимому, эта пара звезд образовалась совместно, но тогда не понятно, почему одна из них магнитная, а вторая – нет.

Тесные сближения звезд, имеющих очень сильное магнитное поле, с близким по массе спутником в двойной системе HD 34736 дают нам

уникальную возможность изучать физические процессы в атмосферах обеих звезд в моменты их максимального сближения. Важность открытой нами новой магнитной звезды подчеркивается интересом к ней международного сообщества. Так, в январе 2016 г. была организована международная кампания по наблюдению системы HD 34736 в момент максимального сближения главного компонента со спутником. Помимо отечественных телескопов в наблюдениях были задействованы инструменты зарубежных обсерваторий (США, Канады, Испании). Накоплен уникальный материал, который сейчас находится в стадии обработки и анализа.

Подробные исследования магнитных звезд в ассоциации Орион OB1 только начинаются. Экспресс-анализ уже полученного наблюдательного материала показывает, что в ассоциации найдено как минимум 35 химически пекулярных

звезд с сильными магнитными полями. Это дает основание полагать, что мы сможем провести детальные комплексные исследования каждого из этих объектов и получить необходимый для выполнения статистических исследований объем данных.

---

## Информация

---

### КТХ: планетарная туманность NGC 2440

В течение нескольких лет Космический телескоп им. Хаббла проводил наблюдения планетарной туманности NGC 2440 “Медуза” размером 1 св. год, находящейся в созвездии Корма (4 тыс. св. лет от нас). Белый карлик, расположенный в центре туманности NGC 2440, – один из самых

В частности, авторы намерены построить магнитные кривые переменной продольного поля упомянутых звезд с фазой периода их вращения, подготовить магнитные карты и найти связь между величиной и топологией поля этих объектов и другими физическими параметрами: мас-

сой, возрастом, температурой, скоростью вращения. Это позволит понять, какие физические процессы происходят в присутствии очень сильных постоянных магнитных полей в экстремальных космических условиях, воспроизвести которые в земных лабораториях невозможно.

горячих объектов своего класса, известным ученым, – температура у его поверхности достигает 200 000 К. Снимок, сделанный еще в сентябре 2007 г. (см. стр. 3 обложки, вверху), демонстрирует “последний вздох” звезды, подобной нашему Солнцу. Она завершает свой жизненный цикл, сбрасывая свои внешние газовые оболочки, формирующие своего рода “кокон” вокруг остающегося ядра. Ультрафиолетовое излучение, идущее от умирающей звезды, заставляет окружающий материал светиться

фиолетовым цветом. Хаотичная структура туманности указывает на то, что сбрасывание звездой оболочек происходит эпизодически. Во время каждого выброса звезда “выталкивает” материал в определенном направлении. Эта туманность также богата пылевыми облаками; некоторые из них формируют протяженные темные полосы, направленные в противоположную сторону от белого карлика.

*Пресс-релиз NASA/JPL,  
23 сентября 2016 г.*

---

## Информация

---

### Крупнейший в мире радиотелескоп

25 сентября 2016 г. вступил в строй крупнейший в мире радиотелескоп FAST (Five hundred meter Aperture Spherical Telescope – сферический радиотелескоп с 500-метровой апертурой) Китайской академии наук (CAS), расположенный

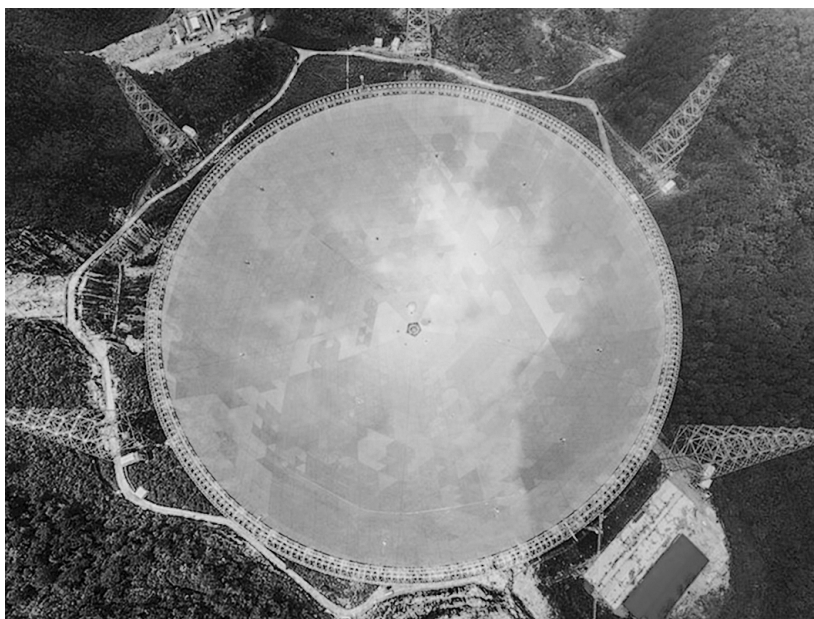
в юго-западной провинции Гуйчжоу (см. стр. 1 обложки). Сотни астрономов и энтузиастов участвовали в мероприятии, приуроченном к началу работы FAST. В 1994 г. была разработана концепция радиотелескопа, в 2008 г. началось его проектирование и в 2011 г. – строительство.

Радиотелескоп предназначен для приема слабых сигналов из космоса, располагается в отдаленной области: он закрыт со всех сторон горами и находится в котловине на высоте

примерно 1 км над уровнем моря. Первые 2–3 года FAST будут использовать только китайские ученые, затем будет представлена возможность проводить наблюдения для всех желающих астрофизиков. Новый радиотелескоп позволит изучать формирование и эволюцию галактик, темную материю, объекты эпохи реионизации, а также решать другие научные задачи.

В конструкции FAST применяется основное фиксированное зеркало – рефлек-

тор, размещенный в естественном карстовом углублении, который отражает радиоволны на приемник массой 30 т, подвешенный на высоте 140 м над ним. Рефлектор получил неофициальное название “Тяньян” (“Глаз Неба”). Он изготовлен из перфорированных алюминиевых панелей, поддерживаемых сеткой из стальных тросов, свисающих с обода. Поверхность рефлектора образована 4450 треугольными панелями отражателя (каждая размером 11 м), они размещены в форме геодезического купола. Системы автоматического управления (актуаторы), помещенные под панелями, позволяют сформировать активную оптическую поверхность. Положение каждого отражателя может регулироваться с высокой точностью, для этого используется сетка стальных канатов и гидравлические приводы. С помощью поворота отражателей можно сканировать определенную область неба в пределах  $\pm 40^\circ$  от направления зенита. Над рефлектором на тросах установлена легкая кабина, перемещаемая кабельными роботами, расположенными на 6 опорных мачтах. Приемные антенны установлены под кабиной на платформе Гью–Стюарта; она позволяет более точно их позиционировать, а также компенсировать различные



*Радиотелескоп FAST диаметром 500 м (вид сверху), расположенный в провинции Гуйчжоу (Китай). По периферии круглого зеркала рефлектора расположены 6 опорных мачт. Фото CAS.*

возмущающие воздействия от ветра и землетрясений. Точность позиционирования антенн запланирована на уровне 8". Несмотря на отсутствие единого 500-м отражателя и его асферичность, радиотелескоп может работать на частотах от 70 МГц до 3 ГГц, что обеспечивается девятью приемниками. Эффективный диаметр отражателя составляет лишь 300 м, с помощью актуаторов поддерживается его параболическая форма. Полоса частоты (1,23–1,53 ГГц) вблизи линии нейтрального водорода (21 см) обеспечивается 19-лучевым приемником, созданным

в Государственном объединении научных и прикладных исследований (CSIRO, Австралия) в рамках Австралийско-китайского консорциума астрофизических исследований (ACAMAR).

Радиотелескоп FAST превосходит по своим возможностям знаменитый 300-м радиотелескоп Обсерватории Аресибо в Пуэрто-Рико: имеет почти в два раза большую чувствительность и в 5–10 раз превышает скорость проведения обзоров неба.

*По материалам  
информгентства  
“Синьхуа”,  
26 сентября 2016 г.*

---

## Информация

---

### “Спитцер”: скопление Пандора

На основе изображений, полученных КТХ, космическими обсерваториями “Спитцер” и “Чандра”, а также с помощью 8,2-м телескопа VLT, создан снимок скопления галактик Abell 2744, названного “скоплением Пандоры” (3,5 млрд св. лет от нас, созвездие Скульптора; см. стр. 4 обложки). Оно представляет собой крупнейшую структуру во Вселенной, насчитывающую около 500 галактик с триллионом звезд. Abell 2744

образовалось в результате столкновения четырех скоплений галактик в течение последнего миллиарда лет. Эффекты, возникшие при их взаимодействии, до сих пор не наблюдались, поэтому вызвали большой интерес у астрономов.

Общая масса галактик составляет всего 5% от полной массы скопления, 20% массы – это межзвездный газ, 75% составляет темная материя, которая обнаруживается лишь по гравитационному влиянию на обычное вещество. Для того, чтобы сделать вывод о том, что произошло при столкновении, необходимо было понять, как распределяются три вида материи в Abell 2744. На основе имевшихся данных о звездах и газе было рассчитано

распределение темной материи в скоплении. Газ, темная материя и галактики при столкновении разлетелись в разные участки космического пространства; таким образом, один из регионов “содержит” много темной материи, но мало звезд и газа. Ближние галактики в скоплении настолько искривляют пространство, что проявляется эффект гравитационного линзирования: это позволяет увидеть объекты, находящиеся гораздо дальше. Ученые надеются, что расположение трех видов материи в “скоплении Пандоры” прольет свет на поведение и свойства темной материи.

*Пресс-релиз NASA/JPL,  
28 сентября 2016 г.*

---

## Информация

---

### Крупные карликовые планеты

После открытия 28 марта 2014 г. в облаке Оорта новой карликовой планеты 2012 VP<sub>113</sub> с помощью 4-м телескопа В. Бланко в Межамериканской Обсерватории СТЮ в Серо Тололо (Чили) в поясе Койпера были найдены более крупные тела 2013 FY<sub>27</sub> и 2013 FZ<sub>27</sub>.

Кандидат–планета 2013 FZ<sub>27</sub> диаметром 595 км – находится на гелиоцентрической орбите  $37,75 \times 59,05$  а.е. ( $5,647 \times 8,83$  млрд км) с на-

клонением  $14^\circ$  и периодом обращения 336,7 лет, эксцентриситет – 0,22. Считается, что пояс Койпера заканчивается примерно в 50–55 а.е. от Солнца, то есть даже 2013 FZ<sub>27</sub>, по сути, “лежит” на его внешнем крае. Эту планету следует отнести к рассеянному диску – области, где тела (в отличие от пояса Койпера) имеют менее правильные орбиты.

В апреле 2015 г. по наблюдениям Космического телескопа им. Хаббла в окрестности карликовой планеты Макемаке диаметром  $1478 \pm 34$  км (гелиоцентрическая орбита  $38,71 \times 52,81$  а.е., с наклонением  $29^\circ$

и периодом обращения 309,57 лет, эксцентриситет – 0,154) обнаружен спутник, чей блеск в 1300 раз слабее родительского тела. Спутник получил временное наименование S/2015 (136472)1; теперь, до присвоения ему собственного имени, он будет называться МК 2. В момент съемки спутник находился на расстоянии 21 тыс. км от Макемаке, его диаметр оценивается в 160 км. Близость спутника к карликовой планете помешала ученым обнаружить его раньше – он терялся в ярких лучах Макемаке.

*Пресс-релиз NASA,  
4 октября 2016 г.*