

ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

СЕНТЯБРЬ–ОКТЯБРЬ 5/2012





Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва



ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

5/2012

Новости науки и другая информация:

Темная материя в сверхскоплении Abell 520 [17]; Исследования в УФ-диапазоне Туманности Андромеды [31]; Необычная туманность [47]; Солнце в апреле – мае 2012 г. [48]; Тайна сверхновой [58]; Крупнейший солнечный телескоп [101]; Звездообразование в Лебеде X [103]; Пыль от стареющей звезды [104]; Полярное сияние на Уране [105]; Полет МКС в феврале – июле 2012 г. [106]

Новые книги: Космология как феномен культуры (Космология, физика, культура. Сборник статей) [50]; К юбилею первого директора ИКИ РАН (Георгий Иванович Петров. 100 лет со дня рождения. Сборник статей) [58]; Популярно об астрономии (В.Г. Сурдин. Разведка далеких планет) [102].

В номере:

- 3 ГАЛЬПЕР А.М. Гамма-астрономия и темная материя
18 САБУРОВА А.С., САФОНОВА Е.С. Темная и видимая материя в дисковых галактиках
32 САЖИН М.В., САЖИНА О.С. Темная энергия и космология

ЛЮДИ НАУКИ

- 51 Георгий Иванович Петров (к 100-летию со дня рождения)
59 КИСТЕРСКИЙ А.П., НЕФЕДЬЕВ Ю.А. Анатолий Витальевич Дьяков (к 100-летию со дня рождения)

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 69 ТРОФИЛЕВА И.Н., ТИХОМИРОВА Е.Н., ПЕТРОВ Н.И. Форум планетариев

ОБСЕРВАТОРИИ, ИНСТИТУТЫ

- 75 ИВАНИЙ М.Б., САМОДУРОВ В.А. Дни открытых дверей в Звенигородской и Пушкинской обсерваториях

ПЛАНЕТАРИИ

- 86 ДОЛГОРУК С.Н. Первый полнокупольный цифровой планетарий в Приморье

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 92 ЩИВЬЁВ В.И. Небесный календарь: ноябрь – декабрь 2012 г.
99 КОРОТКИЙ С.А. Открытие Новой звезды



Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Edition V.K. Abalakin; Deputy Editor V.M. Kotlyakov

На стр. 1 обложки: Сверхскопление галактик Abell 520 в созвездии Ориона (2,4 млрд св. лет от нас). В его центре есть признаки существования темной материи (голубой цвет). Синтезированное изображение получено в феврале 2012 г. на основе снимков космических обсерваторий "Чандра" и KTX. Фото NASA (к стр. 17).

На стр. 2 обложки: Вверху – Туманность Андромеды (M31) после столкновения с галактикой-спутником M32. В УФ-спектре видно, как в рукавах, похожих на кольца, происходит звездообразование. Синтезированное изображение составлено из снимков, полученных KTX и космической обсерваторией "GALEX". 15 мая 2012 г. Калифорнийский технологический институт, NASA/JPL(к стр. 31). Внизу – планетарная туманность "Ожерелье" (Стрела, 15 тыс. св. лет от нас). Используются фильтры (438, 555 и 814 нм), чтобы выявить излучение ионизованного азота (красный цвет), атомов водорода (голубой) и кислорода (зеленый). Снимок сделан 2 июля 2011 г. KTX. Фото NASA (к стр. 47).

На стр. 3 обложки: Остаток сверхновой SNR 0509–67.5, расположенный в БМО (170 тыс. св. лет от нас). Синтезированное изображение составлено из снимков, полученных космическими обсерваториями "XMM-Newton", "Чандра" и KTX. 2012 г. Фото NASA, ESA (к стр. 58).

На стр. 4 обложки: Звездообразование в туманности Тарантул в БМО, наиболее интенсивное в Местной группе галактик. Красное и розовое свечение соответствует горячему газу в массивной эмиссионной туманности 30 Золотой Рыбы. Мозаика из снимков, полученных KTX. 2012 г. Фото NASA, Европейская Южная Обсерватория.

In this issue:

- 3 GALPER A.M. Gamma-Ray Astronomy and Dark Matter
18 SABUROVA A.S., SAFONOVA E.S. Dark and Visible Matter in Disc Galaxies
32 SAZHIN M.V., SAZHINAO.S. Dark Energy and Cosmology

PEOPLE OF SCIENCE

- 51 Georgiy Ivanovich Petrov (to the 100th Anniversary of Birth)
59 KISTERSKY A.P., NEFEDYEV Yu.A. Anatoly Vitalievich D'yakov (to the 100th Anniversary of Birth)

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 69 TROFILEVA I.N., TIKHOMIROVA E.N., PETROV N.I. Forum of Planetaria

OSBERVATORIES, INSTITUTES

- 75 IVANIJ M.B., SAMODUROV V.A. Open Days in Zvenigorod and Pushchino Observatories

PLANETARIA

- 86 DOLGORUK S.N. First Fulldome Digital Planetarium in Primorye

AMATEUR ASTRONOMY

- 92 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: November-December 2012
99 KOROTKIY S.A. Nova Discovery

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ

доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,

академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,

доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,

доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ, кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,

член-корр. РАН А.А. МАЛОВИЧКО, доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ,

член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,

член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,

доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН, доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,

член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,

кандидат физ.-мат. наук О.С. УГОЛЬНИКОВ, член-корр. РАН В.П. САВИНЫХ,

академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Гамма-астрономия и темная материя

А.М. ГАЛЬПЕР,
доктор физико-математических наук
Национальный исследовательский ядерный университет
“МИФИ”,
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Гамма-излучение – наиболее высоко-энергетическая часть космического электромагнитного излучения. До настоящего времени целью наблюдений в этом энергетическом диапазоне было исследование физических процессов генерации и распространения ча-



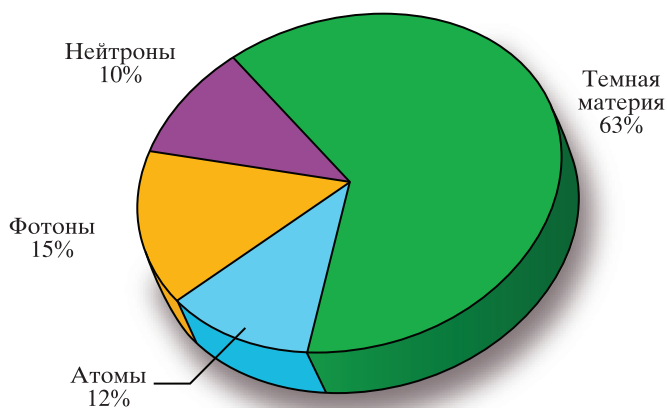
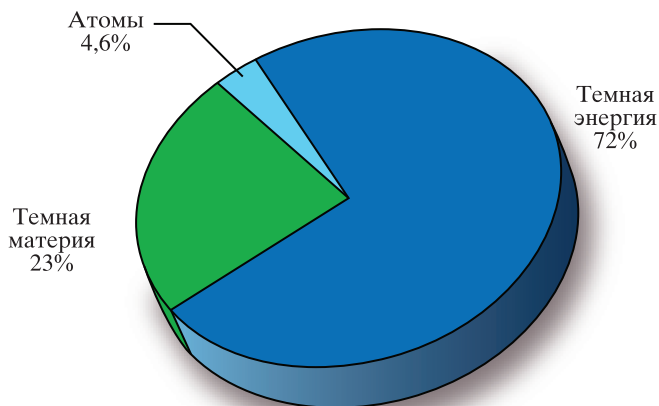
стиц высоких энергий в космическом пространстве. Сегодня к этим научным задачам добавилось еще одно важное направление: исследование природы темной материи. Гамма-астрономия позволит сделать существенный вклад в решение проблемы темной материи.

ИЗ ИСТОРИИ ОТКРЫТИЯ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

В 1930-х гг. выдающиеся астрономы Я. Оорт, Ф. Цвикки и Э. Хаббл, наблюдая скопления галактик, обратили внимание на необычно высокие скорости вращения периферийных галактик вокруг центра скопления. Объяснением этому могла служить невидимая в оптическом диапазоне, рассеянная по всему

скоплению и концентрирующаяся к центру дополнительная материя. Тем самым увеличивается масса скопления, и гравитационные силы притяжения удерживают периферийные быстро-вращающиеся галактики. Скрытая часть вещества Метагалактики получила название темной или даже черной материи (Земля и Вселенная, 2006, № 1).

С тех пор с развитием внеатмосферной астрономии наблюдались и другие проявления темной материи. Например, эффект линзирования (отклонение луча света на невидимом объекте) позволил обнаружить темную материю во многих внегалактических объектах, в том числе и в нашей Галактике. Предполагалось, что темная материя состоит из нейтрино (наилегчайшие



Диаграммы распределения материи (энергетический баланс) в Метагалактике в настоящее время (вверху) и через 380 тыс. лет после начала горячей стадии эволюции Метагалактики (внизу). На ранней стадии эволюции Метагалактики (13,7 млрд лет назад) преобладание темной материи было еще больше.

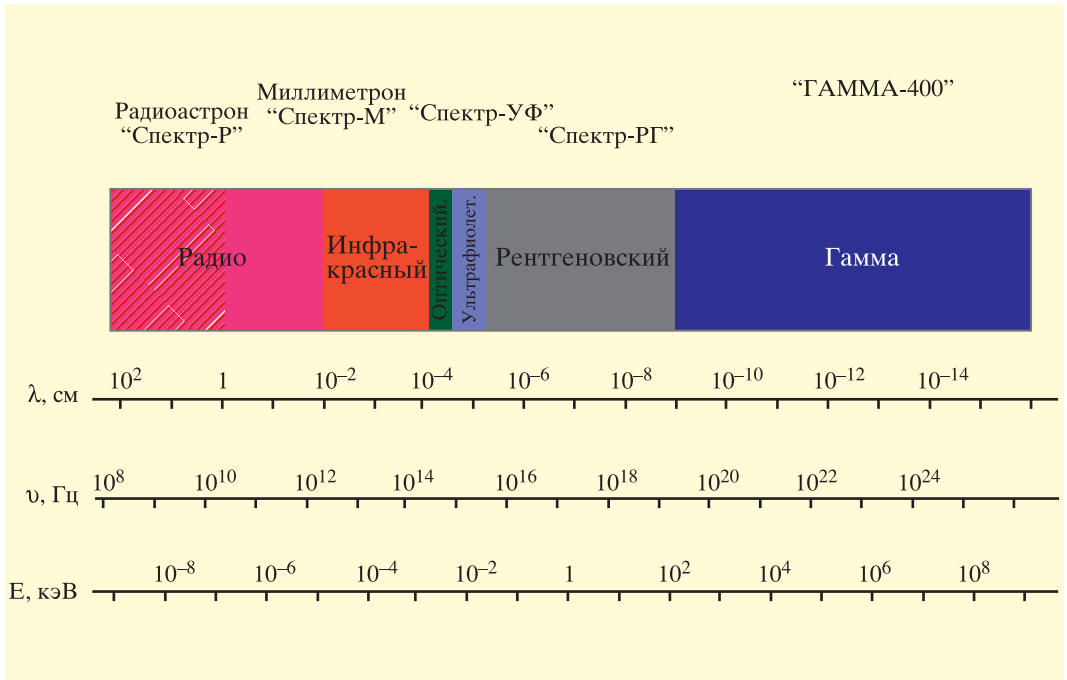
нейтральные слабовзаимодействующие частицы) или каких-то других частиц, но до сих пор ее природа осталась неизвестной.

Особый интерес к проблеме природы темной

материи возник после детальных исследований пространственного и температурного распределения космического микроволнового (реликтового) излучения, заполняющего Метагалактику.

В 2001–2003 гг. изучением реликтового излучения, образовавшегося на последних этапах горячей стадии эволюции Метагалактики в момент зарождения Вселенной, занималась американская космическая обсерватория “WMAP” (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – микроволновое исследование анизотропии), названная в честь руководителя проекта Д. Уилкинсона. Собранная “WMAP” информация позволила ученым построить самую детальную на сегодняшний день карту флуктуации температуры распределения микроволнового излучения на небесной сфере (Земля и Вселенная, 2004, № 3, с. 110). Исследование поляризации реликтового излучения с более высоким разрешением, чем “WMAP”, выполнила в 2010–2011 гг. европейская космическая обсерватория “Планк” (Земля и Вселенная, 2009, № 5, с. 43–45; 2010, № 6, с. 111).

На рубеже XX–XXI вв. стало ясно, что усредненная плотность темной материи в Метагалактике в несколько раз превышает плотность обычной (барионной) материи, из которой состоят известные нам небесные объекты. В энергетическом балансе всей нашей Метагалактики около 72% составляет темная энергия, за темной материей остается 23% и на



Шкала электромагнитного излучения и диапазоны измерений существующих российских космических программ.

обычную барионную материю приходится около 5%. Сегодня природа темной энергии, проявляющейся в ускоренном расширении Метагалактики, и темной материи – две наиболее серьезные проблемы космологии, астрономии, физики элементарных частиц, физики космических лучей (Земля и Вселенная, 2006, № 1). Астрофизические исследования продолжают российские космические обсерватории, предназначенные для

работы во всем электромагнитном спектре от радио- до гамма-диапазона.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Что же такое темная материя? Ученые многих стран мира, теоретики и экспериментаторы, занимаются разгадкой природы темной материи. Уже выдвинуты различные гипотезы и около десятка теоретических моделей. При этом большинство специалистов предполагают, что темная материя состоит из тяжелых частиц, возникших на ранней стадии развития нашей Вселенной. Сегодня это остывшая ("холодная") темная материя, ее частицы должны обладать, по крайней

мере, следующими свойствами:

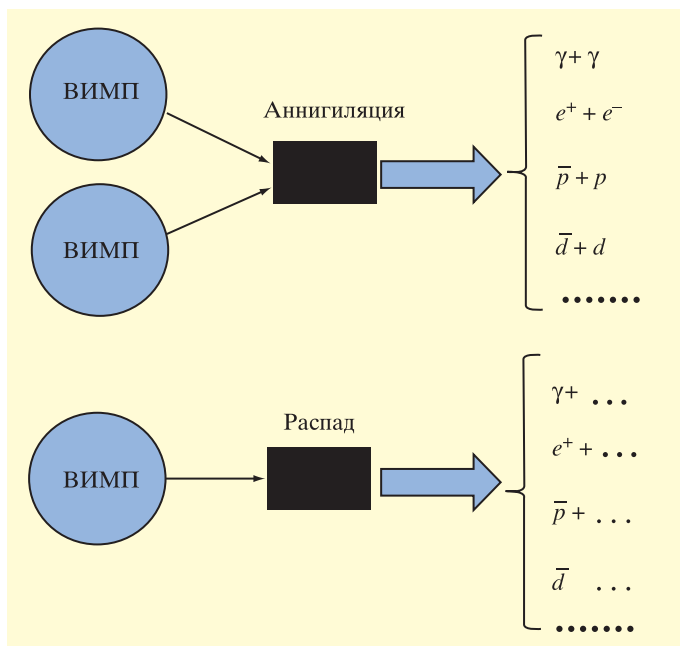
- гравитационным взаимодействием, возможно слабым, при этом другие взаимодействия отсутствуют;

- стабильностью или периодом естественного распада более возраста нашей Метагалактики;

- возможно, большой массой, в десятки и даже тысячи раз больше массы нуклона.

Частица с такими свойствами получила название "вимп" (аббревиатура, составленная из первых букв слов weakly interacting massive particle – слабо взаимодействующая массивная частица).

Среди моделей есть такие, где частицы темной материи имеют элек-



Схемы самоаннигиляции и распада частиц темной материи с образованием известных частиц. Темными прямоугольниками отмечены промежуточные физические процессы аннигиляции и распада, которые различаются для указанных частиц.

трический заряд, или такие, где масса частицы много меньше электрона (в частности, аксионы). Существуют модели, в которых темная материя – это обычное вещество, но совершенно холодное и потому не излучающее ни в одном из диапазонов электромагнитного излучения. В моделях часто используется понятие горячей темной материи, то есть частиц, имеющих субрелятивистскую скорость.

Более подробно остановимся на наиболее разработанных, на наш взгляд, теоретических моделях суперсимметрии и многомерного пространства, в которых имеются частицы, претендующие на роль вимпов.

Модель суперсимметрии связывает фермионы (частицы с полуцелым спином) и бозоны (частицы с целым спином) таким образом, что у каждого фермиона появляется суперпартнер бозон, обладающий такими же квантовыми числами, за исключением спина, а у каждого бозона – суперпартнер фермион, при этом взаимодействия между частицами или между их соответствующими суперпартнерами приводят к одинаковым результатам. Такое симметричное состояние среды могло существовать на ранней стадии развития Метагалактики, когда температура, как предполагается, достигала примерно 10^{29} К, что со-

ответствует взаимодействию частиц с энергией 10^{15} ГэВ. В этих условиях, как следует из теоретической модели, могли рождаться новые частицы, в том числе и суперсимметричные частицы с массой на несколько порядков больше масс нуклонов. Кроме того, они могли быть нейтральными и стабильными, а если распадались, то со временем полураспада, много большим времени жизни Метагалактики. Такие частицы получили название нейтралино (χ). Важным свойством нейтралино является то, что при столкновении друг с другом они могут аннигилировать (самоаннигилировать). Гипотетические нейтралино – блестящий кандидат на роль вимпа! Осталось их только обнаружить.

Модель многомерного пространства также предсказывает частицы, которые могут претендовать на роль ча-

стиц темной материи. Известно, что наше физическое пространство четырехмерно: три пространственные координаты и четвертая временная. Предположим, что число пространственных координат не три, а пять или еще больше. Это, на первый взгляд, непривычное, но простое предположение приводит к интересным последствиям: дополнительные координаты создают условия для появления новых частиц. Впервые описание взаимодействия частиц в рамках многомерной модели предложили математик Теодор Калуца и физик Феликс Клейн в 20-х годах прошлого века. Впоследствии в рамках таких моделей предсказано существование тяжелых частиц с ненулевой энергией (массой) в дополнительном измерении, или, как сегодня говорят, имеющих возбужденное состояние в дополнительном измерении. Примером такой частицы – кандидата на роль скрытой массы – является В-бозон Калуца – Клейна (V_{kk}) с массой, аналогичной нейтралينو. Они также могли рождаться в ранней Метагалактике, когда температура среды была достаточно велика для образования частиц такой массы. Они могут самоаннигилировать и распадаться.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКА ЧАСТИЦ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

Главный вывод, следующий из рассмотренных моделей: в результате аннигиляции и распада V_{kk} и χ на заключительном этапе появляются обычные частицы. Поскольку эти процессы происходят в космическом пространстве, в потоках космического излучения могут присутствовать частицы от аннигиляции и распада, то есть “следы” темной материи. Возможны прямые и косвенные методы регистрации этих частиц.

Прямые методы

1. **Непосредственная регистрация акта упругого взаимодействия частиц темной материи с ядром обычного вещества.** При упругом взаимодействии частица темной материи (например, нейтралино) передает часть своей энергии ядру, с которым сталкивается. Зная энергию ядра отдачи и предположительную скорость частицы темной материи, можно определить ее массу. В нескольких странах работает около двадцати подземных установок, применяющих различные вещества и использующих различные методы регистрации энергии ядра отдачи, на которых предполагается зарегистрировать акт рассеяния. Вероятность упругого рассеяния ча-

стиц темной материи на обычном веществе крайне мала, и результаты измерений далеко неоднозначны. Имеются лишь указания на массу вимпа, равную 5–25 массам протонов. Существование частиц такой массы практически не противоречит теоретическим моделям, однако тогда они должны были бы рождаться в экспериментах на существующих ускорителях.

II. Частицы темной материи могут рождаться при взаимодействии ускоренных частиц с мишенью. В этом случае измеряются массы и энергии всех известных частиц, рожденных во взаимодействии, и сравниваются с расчетной полной энергией, которая должна была выделяться в этом взаимодействии. Это **метод поиска недостающей массы** (или энергии). Даже на Большом адронном коллайдере (БАК; Земля и Вселенная, 2010, № 3, с. 37), где выделенная во взаимодействии энергия может достигать 7 ТэВ, не обнаружено рождение частиц темной материи вплоть до массы около 150 ГэВ. Возможно, масса вимпа больше, но тогда нужна большая энергия пучка ускоренных частиц. Можно надеяться, что при выходе Большого адронного коллайдера на расчетный уровень ускорения можно ожидать рождения

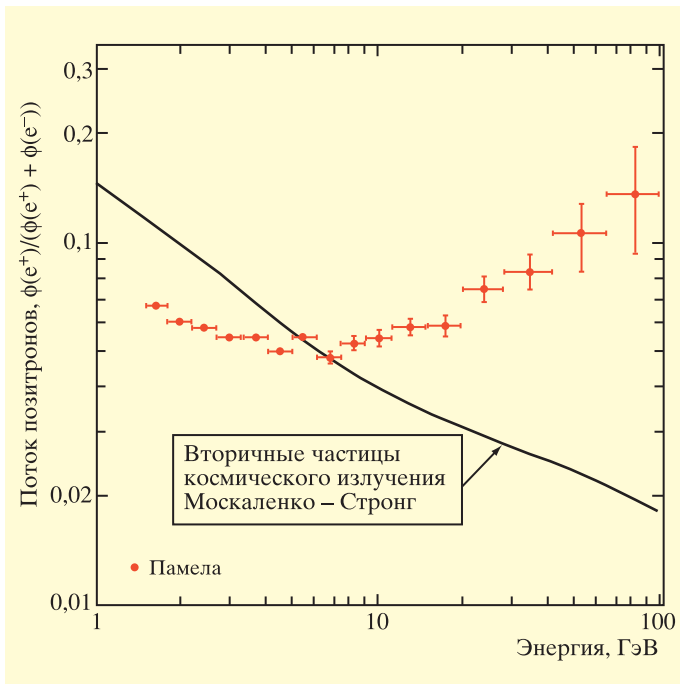


Диаграмма отношения потока позитронов к полному потоку электронов и позитронов. Отличие экспериментальных данных от теоретических расчетов при малых энергиях объясняется солнечной модуляцией потоков первичного космического излучения, при высоких энергиях – более детальным рассмотрением процессов ускорения частиц в астрофизических объектах, например пульсарах, или процессами самоаннигиляции и распада частиц темной материи.

частиц темной материи большей массы.

Косвенные методы сводятся к попыткам обнаружить продукты аннигиляции или распада частиц темной материи в потоках заряженного и нейтрального космического излучения. Теоретики предлагают, казалось бы, достаточно простой способ поиска если не частиц темной материи, то ее следов в потоках космического излучения, что означает обнаружение особенностей в его энергетических спектрах. Протоны и электроны ускоряются в источниках космических лучей – остатках сверхновых в нашей Галактике. Поток этих первичных частиц велик, и среди них трудно искать

следы остатков частиц темной материи. Другое дело античастицы (позитроны, антипротоны, антинейтроны, ядра антигелия), возникающие в космическом пространстве при взаимодействии первичного космического излучения с межзвездным газом. Их поток существенно меньше потока протонов и электронов, и в нем уже легче обнаружить следы аннигиляции или распада частиц темной материи. Следы темной материи можно поискать также в потоках нейтральных частиц – нейтрино и гамма-квантов.

К настоящему времени наиболее важный результат получен в международном российско-итальянском кос-

мическом эксперименте “РИМ-ПАМЕЛА”. На магнитном спектрометре, установленном на ИСЗ “Ресурс-ДК1”, с 2006 г. проводятся прецизионные измерения потоков высокоэнергетических заряженных космических лучей (Земля и Вселенная, 2007, № 1, с. 56), в том числе измерение энергетических спектров позитронов и антипротонов вплоть до энергии 200–300 ГэВ.

Результат впечатляющий! Поток позитронов, отнесенный к общему потоку позитронов и электронов, растет с энергией, значительно превышая расчеты этого отношения по существующим моделям генерации, ускорения и распространения косми-

ческих лучей в Галактике. Это означает, что существует неизвестный ранее дополнительный источник позитронов. Среди возможных объяснений дополнительного потока позитронов, кроме более детального рассмотрения процессов ускорения частиц в астрофизических объектах, фигурируют процессы самоаннигиляции и распада частиц темной материи. Это практически первое возможное проявление следов темной материи. Если предположить, что в дополнительном источнике рождаются и электроны, то относительная роль этого источника в потоке космических электронов мала. Такое малое дополнительное количество электронов обнаружено при измерениях на спектрометре "ПАМЕЛА". Однако поток космических антипротонов, также измеренный с помощью прибора "ПАМЕЛА", соответствует классической модели генерации и распространения космических лучей в Галактике.

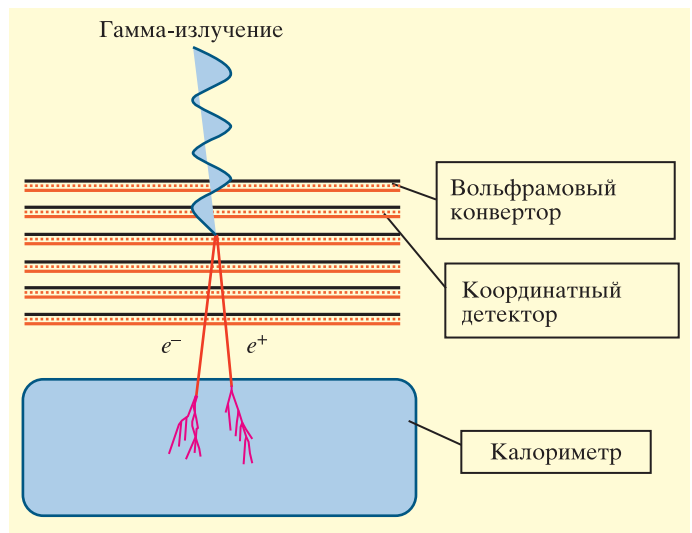
Результат измерений отношения $e^+/(e^+ + e^-)$ по-

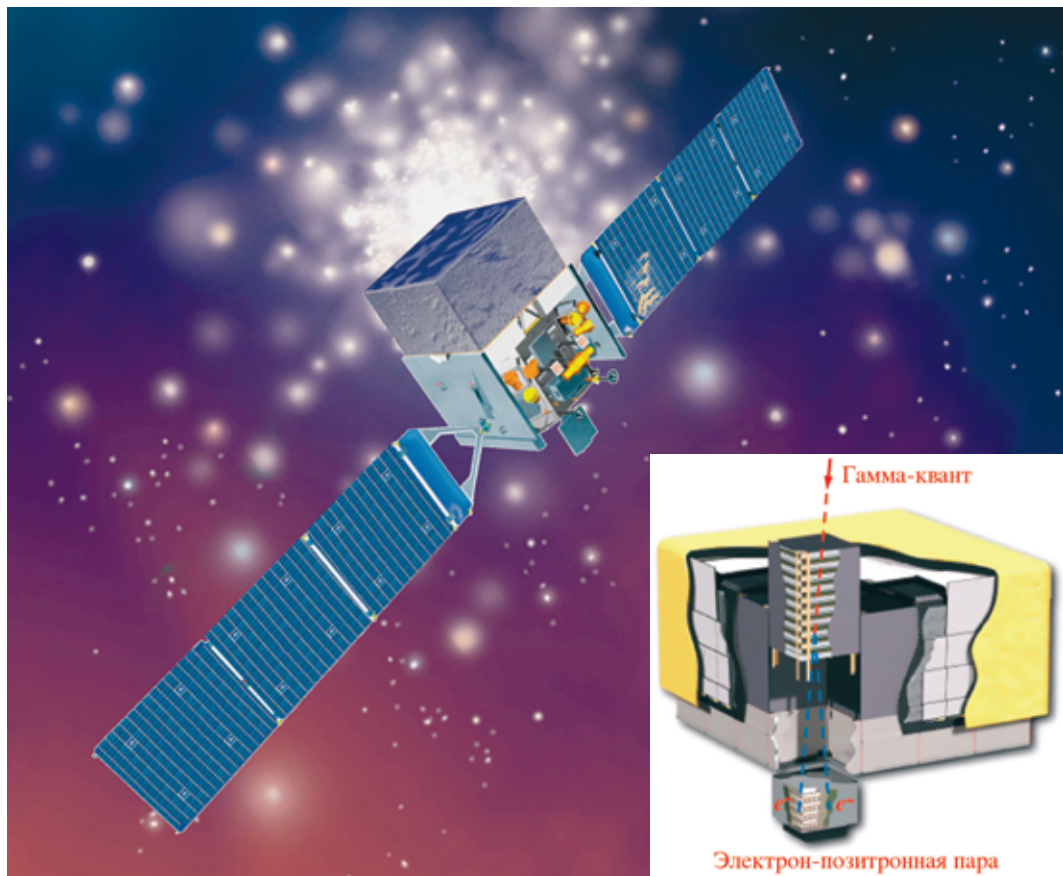
Схема принципа регистрации высокоэнергичного гамма-излучения в калориметре. По углу разлета электронов и позитронов можно определять направление прилета гамма-кванта и его энергию.

лучил в научной литературе название "аномальный эффект ПАМЕЛА". В результате эксперимента "ПАМЕЛА" стали рассматривать в качестве одного из возможных вариантов регистрации частиц темной материи также и распад частиц темной материи на обыкновенные частицы. Отметим, что Американское физическое общество (APS) включило результат измерения отношения потоков космических позитронов и электронов (эксперимент "ПАМЕЛА"), наряду с запуском Большого адронного коллайдера в Женеве, в число десяти лучших научных результатов 2008 г.

Модель суперсимметрии и многомерного пространства предсказывают также возможность поиска следов аннигиляции и распада частиц темной материи в потоках космического гам-

ма-излучения (Земля и Вселенная, 2007, № 6). В частности, может происходить самоаннигиляция частиц темной материи на два гамма-кванта (модель многомерного пространства) или на гамма-квант и другую частицу (модель суперсимметрии). Продукты этих процессов (гамма-кванты) должны иметь строго определенную энергию. Так, в случае самоаннигиляции на два гамма-кванта каждый из них обладает энергией, равной массе частицы темной материи. В случае самоаннигиляции на гамма-квант и другую частицу гамма-квант также будет иметь определенную энергию, зависящую от массы второй частицы. В любом случае при регистрации гамма-квантов мы имеем дело с "линейчатым" гамма-излучением, которое необходимо выделить на фоне





широкого энергетического спектра гамма-квантов от других процессов, происходящих в космосе. В частности, такими могут быть тормозное и синхротронное излучение электронов, обратное комптоновское рассеяние электронов.

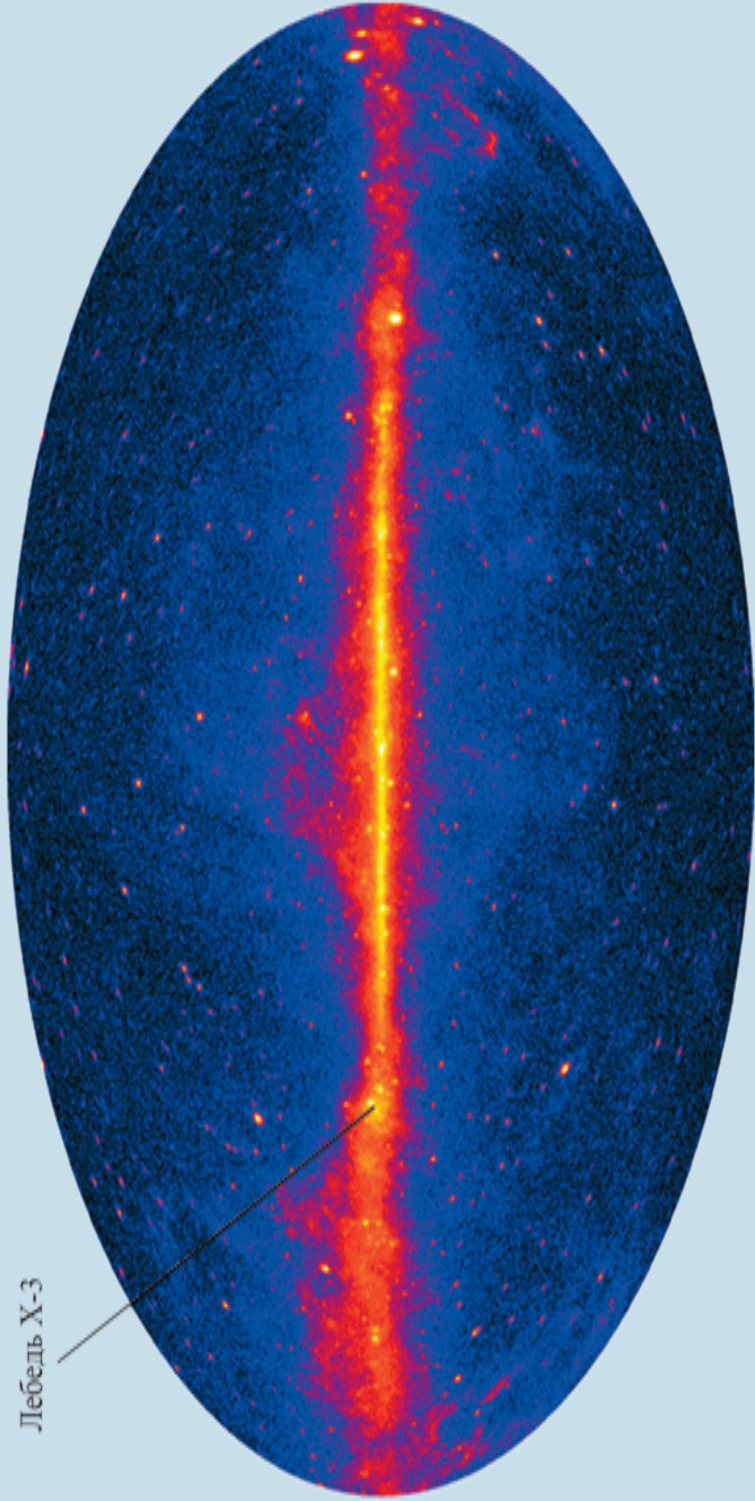
Измерения космического высокоэнергетического гамма-излучения проводились в 1991–2000 гг. на гамма-телескопе “EGRET” (100 МэВ – 30 ГэВ) американской космической обсерватории “Комптон” (“CGRO”). Сегодня измерения осуществляют-

ся с помощью большого гамма-телескопа “LAT” (20 МэВ – 300 ГэВ), установленного на американской космической обсерватории “Ферми” (“GLAST”, запущена в июне 2008 г.; Земля и Вселенная, 2008, № 5, с. 58), и небольшого гамма-телескопа “GRID” (30 МэВ – 50 ГэВ), работающего на итальянской космической обсерватории “AGILE” (запущена в апреле 2007 г.). За прошедшее время открыто около двух тысяч дискретных галактических и внегалактических источников. Зарегистрировано

Американская космическая обсерватория “Ферми” (“GLAST”, запущена в июне 2008 г.) с большим гамма-телескопом “LAT” (во врезке), исследующим астрофизические объекты в диапазоне 20 МэВ – 300 ГэВ. Рисунки NASA.

диффузное и изотропное гамма-излучение (галактическое и внегалактическое). Ни в одном из наблюдений не зарегистрировано “линейчатое” высокоэнергетическое гамма-излучение от дискретных гамма-источников, а также в диф-

Лебедь X-3



Карта неба в гамма-диапазоне 300 МэВ – 100 ГэВ, по данным телескопа "LAT" на космической обсерватории "Ферми". Яркая точка в центре Галактики – наиболее вероятный источник гамма-излучения от аннигиляции частиц темной материи. Рисунок NASA.

фузном и изотропном излучении. Однако поток диффузного галактического излучения, зарегистрированный телескопом “EGRET”, оказался выше расчетов по классической модели генерации и распространения космических лучей и позволил предположить, что превышение над расчетами – результат вклада процесса самоаннигиляции частиц темной материи в диске или в околосредовой области центральной части Галактики. Последующие измерения диффузного излучения на телескопе “LAT” не подтвердили данные “EGRET” потоков гамма-излучения вблизи диска Галактики, но не исключили присутствия сигнала от темной материи в центральной области Галактики.

Гамма-астрономические наблюдения проводятся также наземными установками, регистрирующими космическое гамма-излучение сверхвысокой энергии (~50 ГэВ – 100 ТэВ) по черенковскому излучению электромагнитного каскада, возникающего в верхней атмосфере при конверсии космического гамма-кванта. Гамма-телескопы H.E.S.S. (расположены в Намибии; Земля и Вселенная, 2009, № 2), “MAGIC” (Канарские острова, Испания) и “VERITAS” (Аризона, США) не зарегистрировали “линейчатого” гамма-

излучения от дискретных точечных источников. Изучение диффузного и изотропного гамма-излучения для подобных установок с очень узкой апертурой неэффективно. Энергетическое решение, необходимое для того, чтобы в общем энергетическом спектре выделить линию небольшой амплитуды в этих установках, недостаточно.

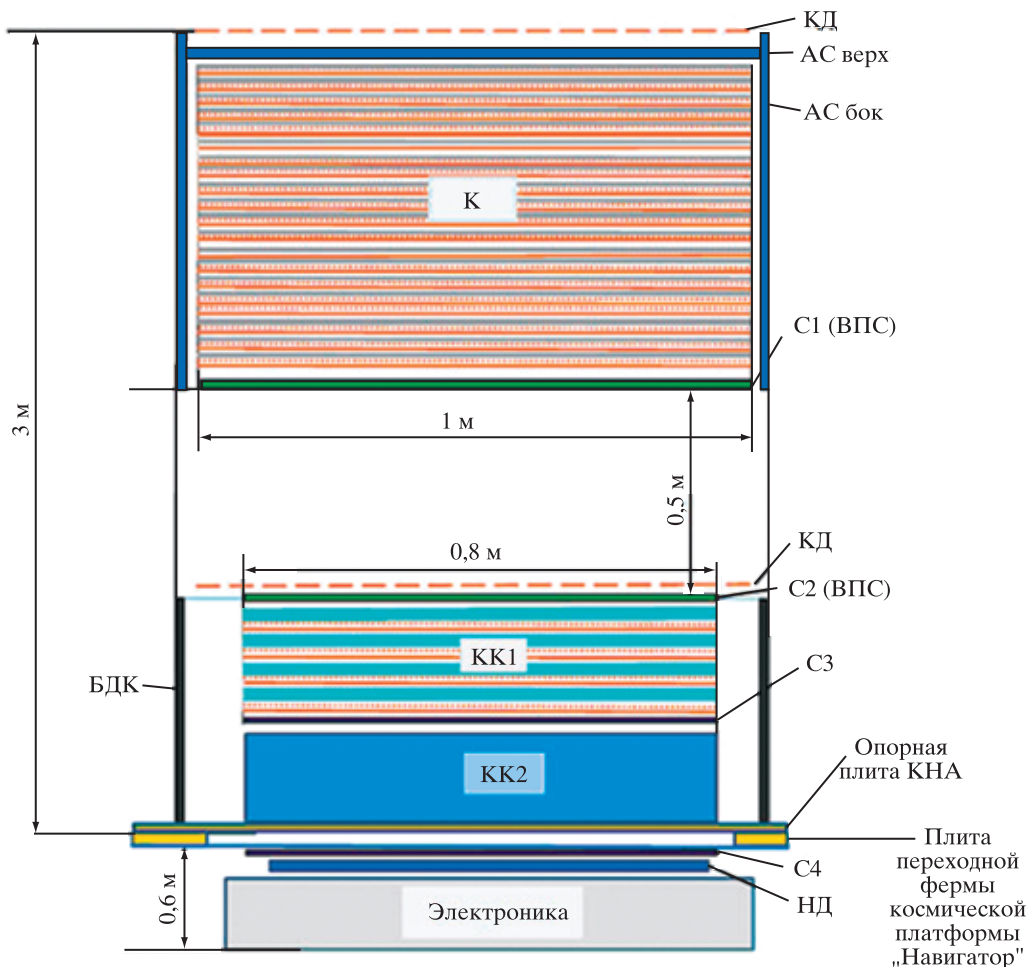
Таким образом, астрономические наблюдения гамма-излучения, проведенные на современных телескопах, не дали определенных результатов по регистрации следов частиц темной материи. Почему и что надо делать?

При ответе на вопрос “почему?” необходимо вспомнить, что последние результаты прямого поиска частиц темной материи на Большом адронном коллайдере установили нижний предел на их массу – 150 ГэВ. Соответственно энергия гамма-квантов от аннигиляции или распада должна быть равна или больше этой энергии. Наземные гамма-телескопы могут регистрировать космические гамма-кванты с энергией более 50 ГэВ, но с энергетическим разрешением всего лишь 15–20%. В свою очередь, современные космические гамма-телескопы имеют низкую эффективность из-за малости самого потока гамма-квантов. Но

самое важное: энергетическое и угловое разрешение современной аппаратуры для регистрации линейчатого гамма-излучения с энергией не более 100 ГэВ недостаточно.

Можно ли преодолеть технические трудности? Можно ли создать гамма-телескоп, измеряющий гамма-кванты с энергией 50–1000 ГэВ, чего требуют теория и результаты измерений на Большом адронном коллайдере? Можно ли улучшить в этом диапазоне угловое и энергетическое разрешение, чего требуют результаты последних измерений космического гамма-излучения?

С этой целью научные коллективы ФИАН (головная организация), НИЯУ МИФИ, ИФВЭ, ФТИ и ИКИ РАН разрабатывают гамма-телескоп следующего поколения – “ГАММА-400”. Предложение создать его для поиска в потоках высокоэнергетического галактического (диффузного) гамма-излучения линии от самоаннигиляции частиц темной материи высказали еще в 1990-х гг. академик В.Л. Гинзбург и доктор физико-математических наук Л.В. Курносова. В настоящее время в проект внесен ряд усовершенствований, в том числе регистрация высокоэнергичной электрон-позитронной компоненты.

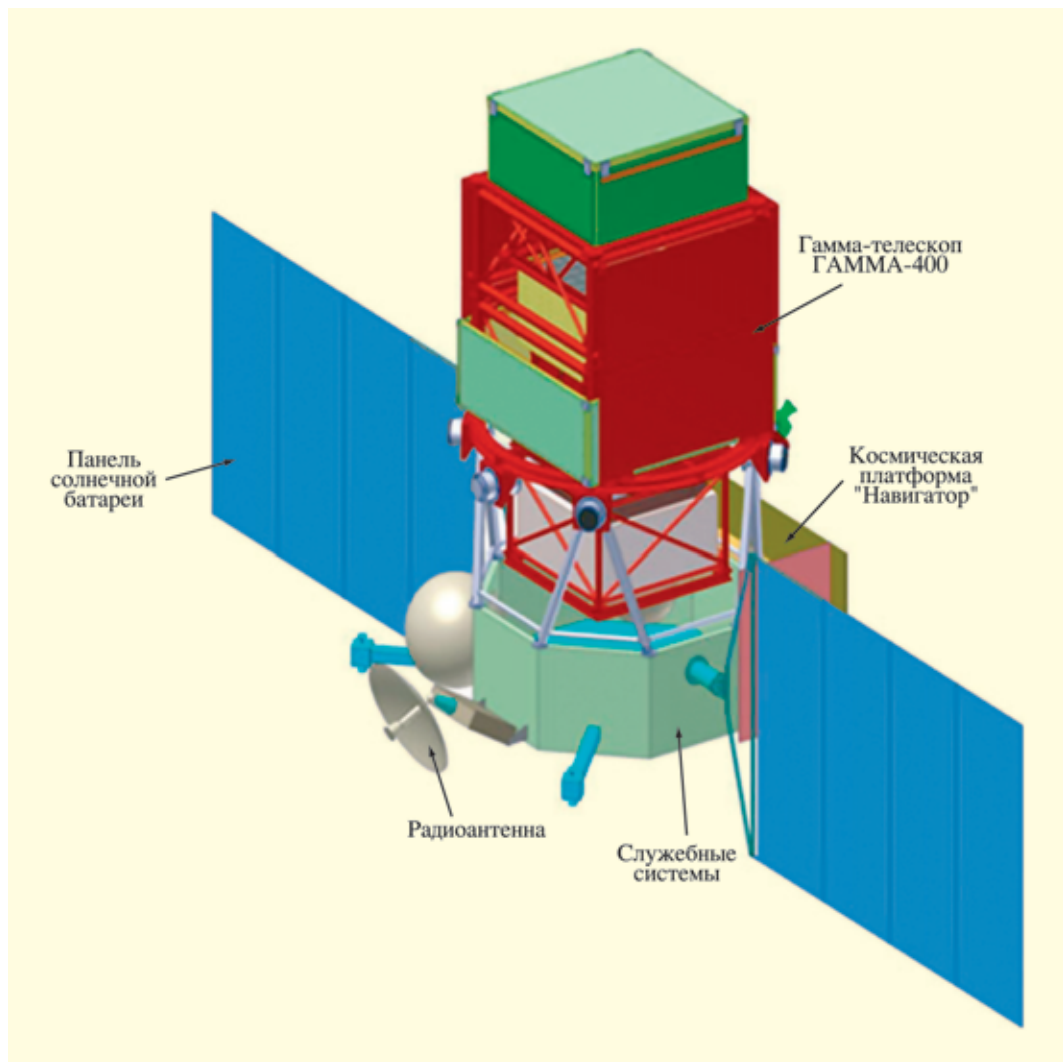


Устройство гамма-телескопа "ГАММА-400": К – многослойный конвертор; АС – антисовпадный счетчик; ВПС (С1, С2) – времяпролетная система; КД – координатные полупроводниковые детекторы; КК1 и КК2 – координатно-чувствительные калориметры; БДК – боковые детекторы калориметров; НД – нейтронный детектор; С3, С4 – детекторы для отбора высокоэнергичных частиц. Рисунок ФИАН.

"ГАММА-400" – ТЕЛЕСКОП НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Главный элемент системы регистрации высокоэнергетического гамма-излучения по проекту "ГАММА-400" – конвертор, состоящий из тонких слоев вольфрама, в котором невидимый гамма-квант превращается (конвертирует) в электронно-позитронную пару. Между слоями вольфрама размещаются тонкие координатно-чувствительные детекторы,

измеряющие направление движения электрона и позитрона. После выхода из конвертора электрон и позитрон попадают в калориметр, созданный на основе неорганических сцинтилляционных кристаллов (CsI и BGO). В нем электрон и позитрон создают электронно-фотонные ливни. Чем больше энергия электрона и позитрона, тем больше частиц в каждом из ливней. Калориметр измеряет



суммарную энергию ливней. Эта энергия и является энергией гамма-кванта.

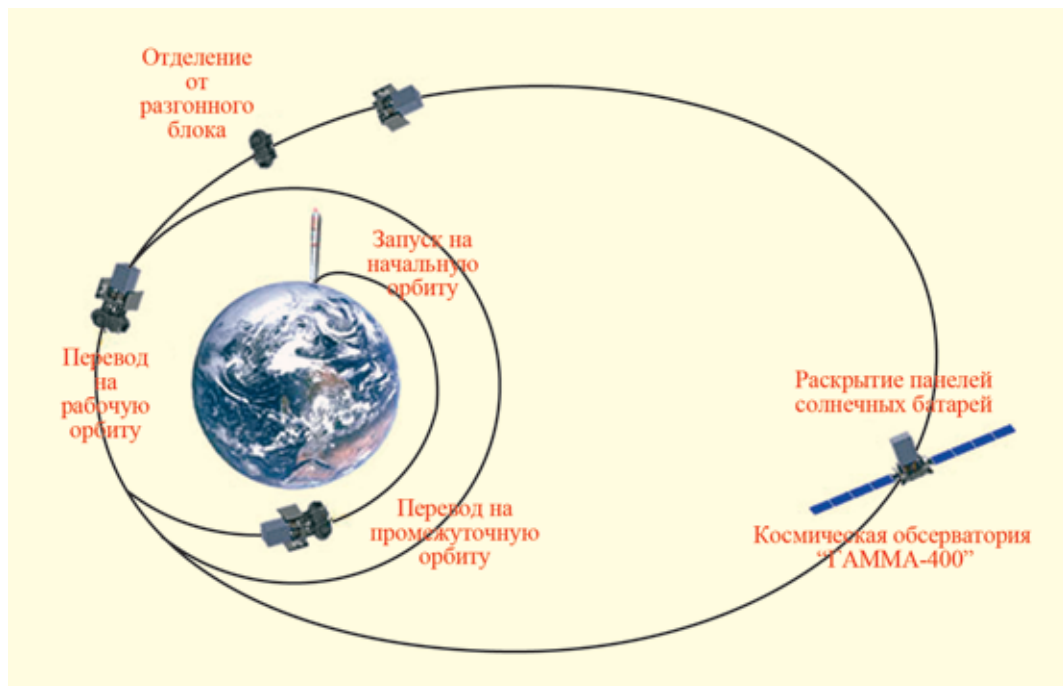
В общем потоке космических лучей доля гамма-квантов не более 0,01%. Основную массу составляют заряженные частицы – протоны, электроны, легкие ядра, которые при прохождении через конвертор могут создавать эффект, схожий с гамма-квантами.

Чтобы исключить подобные события, вызванные заряженными частицами, приходится усложнять реальную схему телескопа рядом систем, фиксирующих прохождение через телескоп заряженных частиц.

Прежде чем построить гамма-телескоп "ГАММА-400", была проведена серия расчетов для оптимизации конструкции, обеспечивающей его ос-

Российский гамма-телескоп "ГАММА-400", который предполагается установить на космическую платформу "Навигатор". Рисунок ФИАН.

новые характеристики: диапазон регистрируемых энергий, точность измерения энергии гамма-квантов и направления их прилета, то есть



положения источника гамма-кванта на небесной сфере. Результаты расчетов показывают, что диапазон энергий составляет от 100 МэВ до 3000 ГэВ, точность измерения энергий – около 1% при энергии 100 ГэВ, а угловое разрешение (точность определения направления прилета гамма-квантов при тех же энергиях) – $0,01^\circ$. Точность определения энергии и направления движения гамма-квантов, увеличение границы измерения до 3000 ГэВ – все это в несколько раз лучше, чем у современных космических гамма-телескопов, в том числе “LAT” космической обсерватории “Ферми”.

Безусловно, эти характеристики должны быть подтверждены при наземных испытаниях гамма-телескопа, и в первую очередь на пучке ускоренных частиц на Большом адронном коллайдере.

К концу 2017 г. работы по созданию гамма-телескопа “ГАММА-400” массой 2600 кг и потребляемой мощностью 2000 Вт, его калибровке и тестированию всех систем предполагается завершить. Телескоп “ГАММА-400” установят на космической платформе “Навигатор” Научно-производственного объединения им. С.А. Лавочкина. На 2018–2019 гг. намечен запуск с помощью РН “Протон-М”

Схема вывода на рабочую орбиту российской космической обсерватории с гамма-телескопом “ГАММА-400”. Рисунок НПО им. С.А. Лавочкина.

российской космической гамма-обсерватории на эллиптическую орбиту с перигеем 500 км и апогеем 300 тыс. км. Приблизительно через год после начала полета из-за влияния Луны орбита космической гамма-обсерватории превратится почти в круговую, с радиусом около 150–200 тыс. км. Еще через несколько лет она будет напоминать начальную.

На гамма-телескопе “ГАММА-400” планирую-

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРОВ

Телескоп	Космические гамма-телескопы				Наземные гамма-телескопы		
	EGRET	AGILE	LAT	ГАММА-400	HESS-II	MAGIC-II	VERITAS
Страна	США	Италия	США	Россия	Намибия	Канарские острова, Испания	Аризона, США
Диапазон энергий, ГэВ	0,03–30	0,03–50	0,1–100	0,1–3000	>50	>50	>100
Угловое разрешение, градус ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	0,5 ($E_\gamma \sim 0,5$ ГэВ)	0,1 ($E_\gamma \sim 1$ ГэВ)	0,1	$\sim 0,01$	0,1	0,1	0,1
Энергетическое разрешение, % ($E_\gamma > 100$ ГэВ)	20 ($E_\gamma \sim 0,5$ ГэВ)	50 ($E_\gamma \sim 1$ ГэВ)	10	~ 1	15	15	15

ется осуществить широкую программу астрофизических наблюдений. Среди основных целей – центр нашей Галактики, где, возможно, расположена черная дыра, а также область вокруг центра, в которой, по-видимому, сосредоточена основная масса частиц темной материи. Объектами наблюдений являются также микрокваза-

ры в нашей Галактике, например система Лебедь X3 (открыта в гамма-диапазоне российскими учеными еще в 1972 г.), остатки сверхновых, например Крабовидная туманность, молекулярные облака, другие галактики с активными ядрами. Каждый день предполагается получать около 100 Гбайт научной информации.

Дожидаются внимания и несколько сотен гамма-источников, пока не отождествленных ни с одним из известных астрономических объектов. Участники проекта уверены, что в энергетическом диапазоне от 1 до 3×10^3 ГэВ будет зарегистрировано линейчатое гамма-излучение от самоаннигиляции или от распада частиц темной материи в центральной области Галактики и вне нее. Также будет измерен спектр галактической электронно-позитронной компоненты и изучены его особенно-

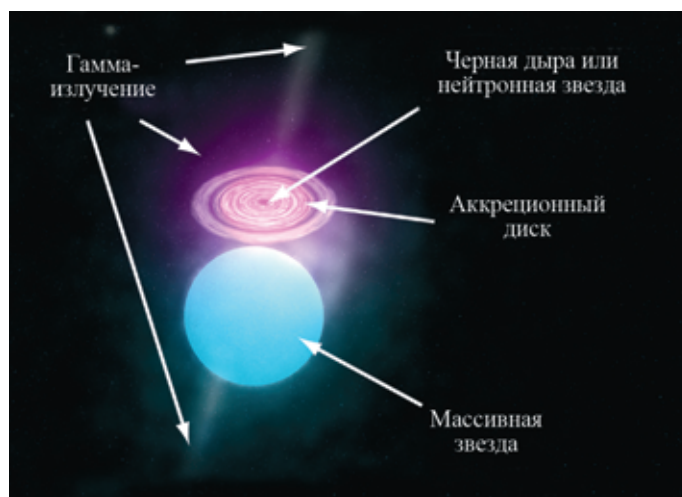


Схема микроквара Лебедь X3 – одного из источников высокоэнергетического гамма-излучения (реконструкция по данным “Ферми”). Рисунок NASA (адаптирован).

сти, которые могут быть связаны с темной материей.

Во время подготовки статьи появилось сообщение (Ch. Weniger, arXiv.org/abs/1204.2797) о наблюдении гамма-линии с энергией 129,8 ГэВ от

центра нашей Галактики. Это результат обработки X. Венигером опубликованного в научной печати второго каталога данных, полученных с помощью телескопа "LAT" космической обсерватории "Ферми". Дискуссия,

развернувшаяся вокруг линии 129,8 ГэВ, еще раз подчеркивает важность проведения глубокого обзора в гамма-диапазоне, который предполагается провести телескопом "ГАММА-400".

Информация

Темная материя в сверхскоплении Abell 520

Выполненное в 2011 г. исследование столкновения галактик в массивном скоплении Abell 520 в Орионе, расположенном на расстоянии 2,4 млрд св. лет от Земли, поставило перед астрофизиками новые вопросы о природе темной материи.

Распределение темной и обычной материи в скоплении галактик определяют по гравитационному воздействию вещества скопления на свет галактик, находящихся за ним. Ученые установили, что у Abell 520 массивное темное ядро, в котором нет ярких галактик. Частично ядро состоит из очень горячего газа (одна из форм обычного вещества), наблюдаемого по рентгеновскому излуче-

нию, зарегистрированному космической обсерваторией "Чандра". Большая часть центральной части скопления, скорее всего, содержит темную материю. Это было обнаружено в 2007 г., но тогда данные посчитали ненадежными: согласно общепринятым представлениям, темная материя и обычное вещество подвергаются действию одинаковых гравитационных сил и поэтому должны быть одинаково распределены в скоплении. Однако изображение, полученное KTX в 2008 г. (см. стр. 1 обложки), показывает, что видимые галактики не концентрируются там, где есть темная материя. Возможно, это различие обусловлено особенностями движения больших галактик в обычном гравитационном поле. Одной из причин наблюдаемого в кластере Abell 520 разделения двух видов материй может быть столкновение галактик в центре скопления, в результате которого их отбросило к его краю, а темная материя осталась в центре скопления. Но воспроизвести такой вариант

с помощью компьютерной модели ученым не удалось. Другое объяснение заключается в том, что сверхскопление Abell 520 сформировалось при столкновении не двух, а трех скоплений галактик. Вероятно, темная материя все-таки взаимодействует с обычным веществом или сама с собой не только гравитационно и потому способна "слипаться" при прохождении друг через друга облаков темной материи.

Изучение другого массивного скопления, "Пуля" (1E 0657-56, расположено в 3,4 млрд св. лет от нас), показало, что иногда темная материя следует за галактиками и только горячий газ остается в центральной части. Возможно, это связано с более сложным динамическим процессом, чем в скоплении Abell 520. Чтобы выяснить, как на самом деле темная материя влияет на обычную, необходимы дальнейшие исследования.

Пресс-релиз Института
KTX, NASA,
2 марта 2012 г.

Темная и видимая материя в дисковых галактиках

А.С. САБУРОВА,
кандидат физико-математических наук
Е.С. САФОНОВА
ГАИШ МГУ

Природа темной материи – одна из самых больших загадок, которую предстоит решить современной науке. Мы наблюдаем темную материю лишь косвенно, по ее гравитационному воздействию на видимые объекты. Свойства темной материи и их связь с наблюдаемыми характеристиками галактик сейчас активно изучают, и результаты, полученные разными исследователями, зачастую сильно отличаются. Они могут зависеть



от методов оценки массы темной материи в галактиках. В данной статье обсуждается, каким

образом связаны видимая и темная материя и возможные причины такой связи.

ЧТО ТАКОЕ
ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ?

Галактики представляют собой широкий класс гигантских систем, состоящих из звезд, экзопланет, газа, пыли и темной материи. Массы галактик распределены в диапазоне от $10^7 M_{\odot}$ для карликовых объек-

тов до $10^{12} M_{\odot}$ для гигантских галактик. Различают несколько типов галактик, их подавляющее большинство имеют диски (среди них встречаются объекты с перемычкой – баром), есть также неправильные и эллиптические. Основные компоненты спиральных дисковых галак-

тик – это балдж в форме сфероида, тонкий и толстый диски из скопленных звезд, пыли и газа, звездное и темное гало. Дисковые галактики могут различаться по внешнему виду: у одних – ярко выраженные спиральные ветви, у других – клочковатая структура. Размер и яркость балджа тоже

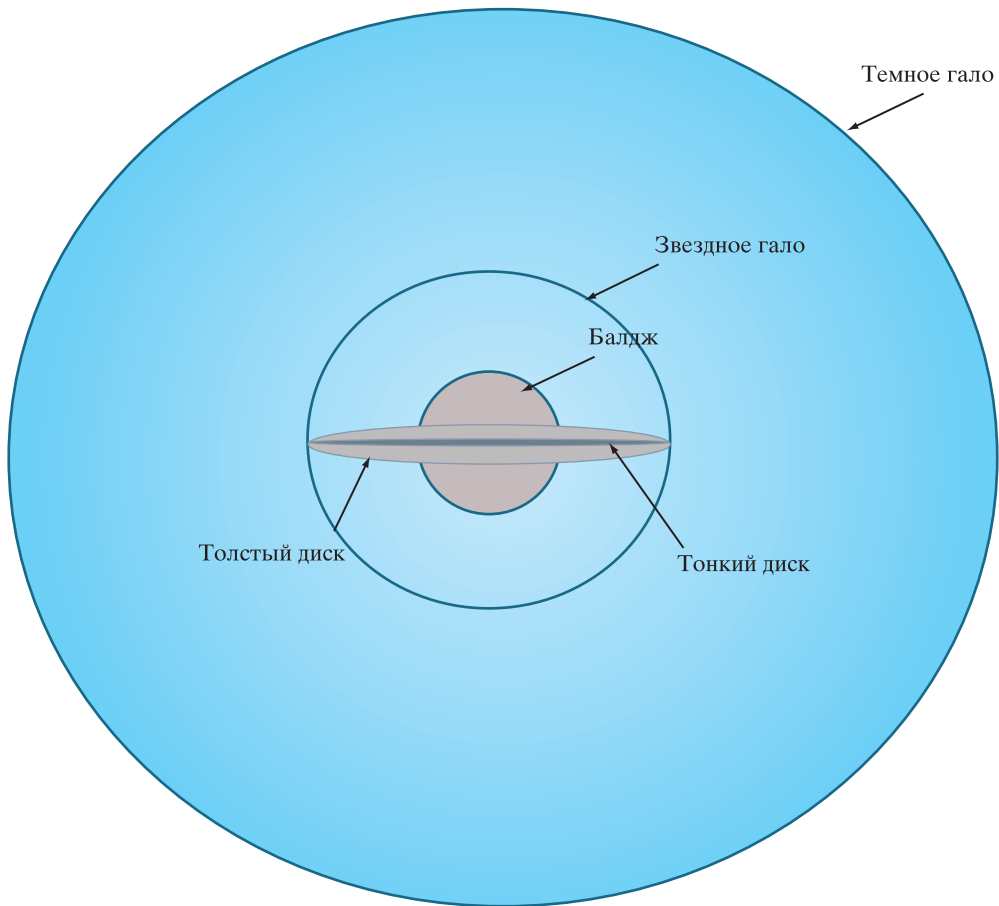


Схема устройства дисковой (спиральной) галактики.

меняются в широких пределах. Галактики могут быть с массивным и протяженным сфероидальным компонентом, существуют объекты, совсем не обладающие балджем. Но ни одна галактика (кроме редких приливных карликов, сформированных в "хвостах" взаимодействующих галактик) не обходится без гало, состоящего из темной материи.

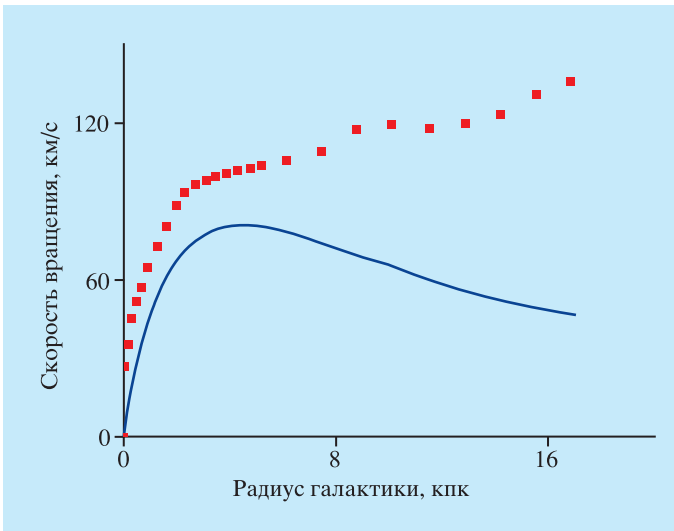
Вопрос о существовании в галактиках скрытого вещества впервые поставил еще в 1933 г. американский астроном Фриц Цвикки, который исследовал близкое скопление галактик Волосы Вероники, находящееся в 300 млн св. лет от нас. Ф. Цвикки оценил его полную массу при помощи теоремы вириала, согласно которой усредненная по времени кинетическая энергия системы, связанной силами тяготения, равна половине потенциальной гравитационной энергии, взятой с обратным знаком.

С другой стороны, исходя из светимости галактик, можно оценить суммарную массу видимого вещества скопления. Полная масса скопления Волосы Вероники, полученная Ф. Цвикки, оказалась в 50 раз больше массы видимого вещества. На основе этого ученый сделал вывод, что для поддержания динамического равновесия в скоплении необходимо большое количество невидимого вещества.

Предположение о наличии темной массы в галактиках было сделано позднее. Распределение



Галактика Треугольник (M33, NGC 598), находящаяся в 3 млн св. лет от нас (вверху). Синтезированное изображение получено с помощью 0,9-м оптического телескопа Национальной обсерватории Китт-Пик (Аризона, США) и радиоинтерферометров VLA (Нью-Мексико, США) и WSRT (Голландия). Внизу – кривые вращения галактики M33 (точки) и видимого вещества – звезды + газ (синяя линия). Расхождение между кривыми обусловлено наличием темного вещества.



NGC 300 и M33 не показывают кеплеровского падения скорости вращения, который ожидается, исходя из распределения видимого вещества. Следовательно, в них должно быть дополнительное вещество, по массе сопоставимое с видимым и с распределением плотности, отличным от экспоненциального распределения оптической галактики.

Что же представляет собой темная материя? Самым простым и естественным кажется предположение, что это объекты из обычного, барионного вещества. Коричневые карлики, черные дыры, нейтронные звезды или отдельные, не связанные со звездами планеты, которые нельзя обнаружить во всех диапазонах электромагнитного спектра, но которые могут проявлять себя гравитационным воздействием. Данные гравитационного

яркости вдоль диска галактики довольно хорошо отражает распределение звездной массы. А зная, как распределена масса, и используя законы Кеплера, предсказывается кривая вра-

щения, то есть зависимость скорости вращения от расстояния до центра галактики. В 1970 г. австралийский астроном Кеннэт Фриман обратил внимание на то, что кривые вращения галактик

линзирования (явление, связанное с отклонением лучей света в поле тяготения) позволяют оценить количество таких объектов в нашей Галактике. Их число оказывается существенно меньше, чем требуется для объяснения скрытой массы. Сейчас наиболее вероятной считается такая гипотеза: темная материя состоит в основном из тяжелых нерелятивистских частиц, которые очень слабо взаимодействуют с обычным веществом.

Некоторые ученые вообще отрицают существование скрытой массы. В рамках этого направления наблюдательные данные объясняются с использованием модифицированного закона всемирного тяготения (теория MOND), который в 1983 г. впервые предложил израильский астрофизик Мордехай Милгром и поддерживается сейчас рядом авторов. Однако эта гипотеза сталкивается с проблемами и не снимает полностью вопроса о скрытой массе. В частности, в скоплениях галактик для согласования моделей MOND с наблюдательными данными требуется дополнительная невидимая материя. Без дополнительного темного вещества не обойтись и при объяснении в рамках MOND кинематики шаровых скоплений в эллиптической галактике NGC 1399, находящейся в центре скопления галактик Печь. Полу-

ченные данные слабого гравитационного линзирования противоречат MOND.

Исследования проблемы темного гало привели к появлению новых вопросов. Например, до сих пор неясно, каков вклад темного гало и видимого вещества в полную массу галактики, насколько это соотношение универсально и существует ли связь между ним и свойствами галактик. Суммируя выводы и предположения, сделанные разными авторами, приходится констатировать, что темная материя может находиться как в небарионной форме, концентрируясь в сфероидальных темных гало и, вероятно, в дисках, так и в барионной форме в виде маломассивных звезд, компактных остатков звезд, планет или холодного газа, концентрируясь в дисках.

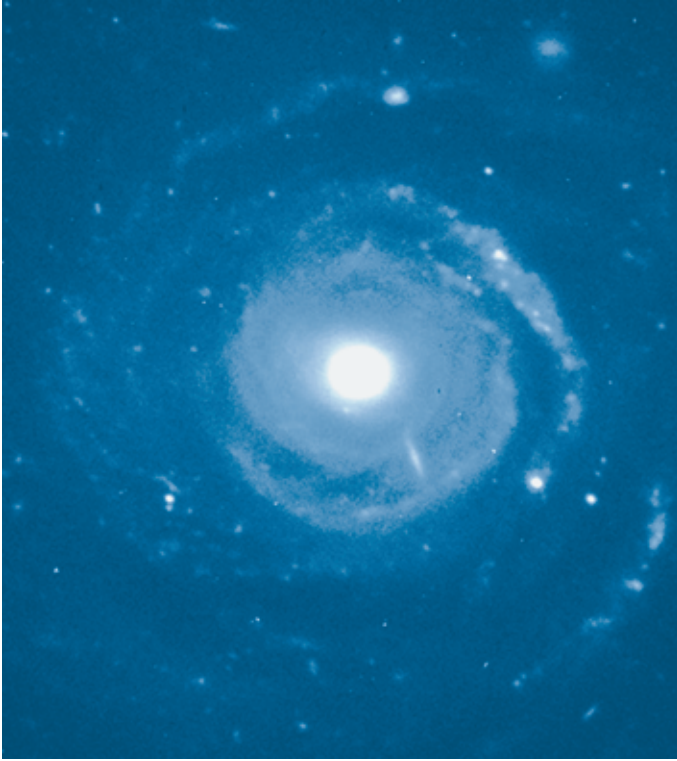
Ниже мы подробнее познакомимся с тем, как оценивается отношение массы видимого и темного вещества и какие неопределенности связаны с этой оценкой.

ВИДИМОЕ И ТЕМНОЕ ВЕЩЕСТВО В ГАЛАКТИКАХ

В настоящее время предложено несколько способов оценки отношения масс дисковой составляющей и темного гало в галактиках. Большинство методов базируется на изучении кривой вращения, поскольку ее форма отражает рас-

пределение плотности основных составляющих галактики (диска, балджа и темного гало), а численное значение скорости вращения позволяет получить грубую оценку полной массы внутри заданного радиуса.

Можно оценить массу каждого компонента галактики, разделяя кривую вращения на составляющие. Эта задача имеет много решений, поэтому необходимо использовать данные поверхностной фотометрии, а также некоторую дополнительную информацию. Если пока нельзя получить дополнительную информацию о галактиках, то ограничимся оценкой “максимального диска” или подходом “наилучшего соответствия”. В модели “максимального диска” параметры компонент подбираются так, чтобы вклад диска в кривую вращения был максимальным, а модельная и наблюдаемая кривые вращения находились в хорошем согласии друг с другом. В подходе “наилучшего соответствия” разница между рассчитанной и наблюдаемой кривыми вращения минимальна. В некоторых работах используется модель “минимального диска”, в которой вклад диска в кривую вращения приравнивается к нулю, что в общем случае не имеет физического смысла, но позволяет получить верхнюю оценку массы гало. Такая мо-



Гигантская LSB-галактика Malin 2 (590 млн св. лет, созвездие Льва). В ее центре находится балдж нормальной поверхностной яркости, окруженный протяженным диском низкой яркости.

дель используется, когда вводится предположение о темном гало, доминирующем по массе на всех радиусах (карликовые или галактики с низкой поверхностной яркостью). Она применяется, чтобы проверить, соответствует ли гало некоторым теоретическим требованиям хотя бы в самом экстремальном случае при пренебрежимо малой массе диска по сравнению с массой темного гало. Выбор той или иной модели произволен и зависит лишь от предпочтений автора и задачи, которую он решает.

Различные подходы к разделению компонент галактики могут приводить к противоречивым результатам. В настоя-

щее время предметом горячих дебатов стал вопрос о том, близка ли модель “максимального диска” к реальности. Доводы против нее были получены, исходя из наблюдаемых дисперсий скоростей звезд для выборки из 12 галактик и при их моделировании (имеются в виду численные модели N-тел, в которых строятся трехмерные диски в гравитационном поле темного гало и балджа, то есть получают модельные галактики). Против модели “максимального диска” свидетельствуют результаты работы, в которой данные о гравитационном линзировании играли роль дополнительной информации

при разделении кривой вращения спиральной галактики на компоненты. В 2005 г. американский астрофизик Стэйси Макго, рассматривая выборку галактик с кривыми вращения, определенными в линии 21 см, высказывается в пользу модели “максимального диска”, но лишь для галактик высокой поверхностной яркости (HSB – High Surface Brightness) – с центральной поверхностной яркостью в фильтре $B < 21,5^m$ с квадратной угловой секунды. Результаты гидродинамического моделирования газа HSB-галактик, полученные в 2003 г. немецким астрономом и астрофотографом Тило Кранцем, свидетельствуют в пользу того, что модель “максимального диска” соответствует реальности лишь для HSB-галактик со скоростью вращения более 200 км/с.

Сейчас мы не можем сказать, насколько оправданно использование модели “максимального диска” в том или ином случае. Но для некоторых галактик этот вопрос не стоит так остро. К ним относятся карликовые галактики и галактики низкой поверхностной яркости (LSB –

Low Surface Brightness). LSB-галактики – довольно необычные объекты. Центральная поверхностная яркость дисков таких галактик в фотометрической полосе В слабее 22^m с квадратной угловой секунды, а нормальные галактики в той же полосе обладают центральной поверхностной яркостью около 21^m . В LSB-галактиках темное вещество, по-видимому, преобладает на всех радиусах, и можно отвергнуть модель максимального диска с большей уверенностью. Между тем в ряде работ преобладание темного гало в LSB-галактиках ставится под вопрос.

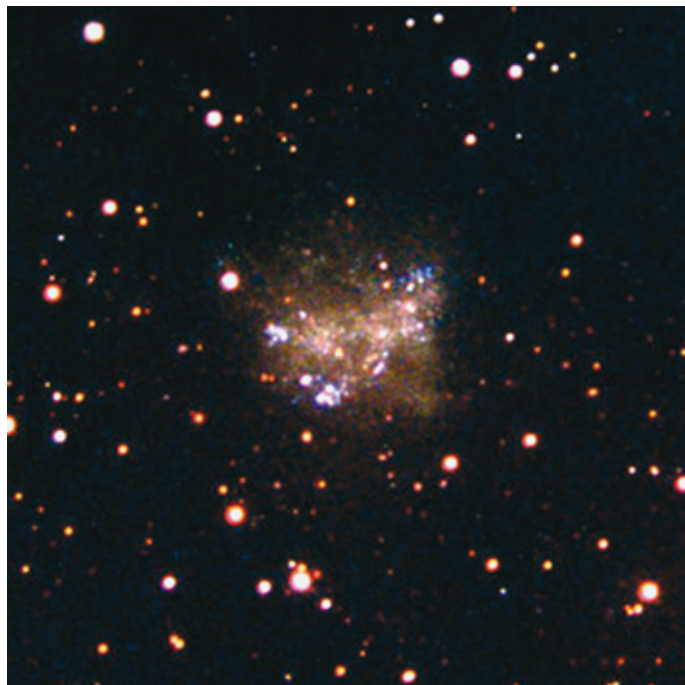
Выводы о том, что в LSB-галактиках доминирует темное гало, в основном были получены, исходя из моделирования кривых вращения. При этом предполагается, как правило, что диски таких галактик имеют “нормальное” отношение массы к светимости M/L . В этом случае их звездное население должно быть таким же, как и в нормальных галактиках, а сами диски должны обладать более низкой поверхностной плотностью. В 2002 г. немецкий астрофизик Буркхард Фукс поставил под сомнение

вывод о малой массовой доле дисков в LSB-галактиках. Он провел декомпозицию кривых вращения для галактик низкой поверхностной яркости, используя условие существования наблюдаемой у них спиральной структуры. Это позволило ему независимо оценить массы их дисков. Полученные отношения массы к светимости дисков оказались значительно выше тех, которые ожидалось в рамках стандартных моделей. Это указывает на высокую долю маломассивных звезд, которые дают большой вклад в массу галактики и небольшой вклад в ее светимость, или на распределенную в дисках темную материю. Таким образом, диски низкой поверхностной

яркости могут оказаться более массивными, чем это принято считать, так что даже в случае LSB-галактик нельзя полностью отвергать гипотезу “максимального диска”.

С карликовыми галактиками дело обстоит не проще. Согласно иерархическому сценарию образования галактик темное гало в них должно доминировать внутри оптического радиуса (условно задаваемый радиус, определяющий видимые границы галактики, он соответствует угловому расстоянию, на котором поверхностная яркость галактики падает до 25^m с квадратной угловой секунды в фильтре В). Однако карликовые галактики характеризуются широким диапазоном отношений

Карликовая неправильная галактика DDO 63 (13 млн св. лет, созвездие Большой Медведицы). Снимок сделан с помощью телескопа Обсерватории Лоуэлла (Аризона, США).



массы темного гало к полной массе. Находят карликовые галактики, в которых темного вещества в несколько сотен раз больше, чем видимого, но довольно часто встречаются и объекты с “нормальным” (отношение массы темного гало к массе видимого вещества 0,1–0,8) содержанием темной материи.

Из сказанного ясно, что оценка вклада темного гало по кривым вращения довольно сильно зависит от модели и различные способы оценки дают порой кардинально разные результаты (как в случае с карликовыми и LSB-галактиками).

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГАЛАКТИК

Современное представление о соотношении свойств видимого и темного вещества тесно связано с иерархической концепцией образования галактик. Согласно этой концепции все объекты в нашей Вселенной были сформированы в ходе слияния темной материи во все большие структуры. В модели холодного темного вещества (CDM – Cold Dark Matter) основную массу сливающихся структур составляла небарионная бесстолкновительная материя, сколлапсировавшая под действием гравитации. Барионное вещество изначально было перемешано с темным веществом и эво-

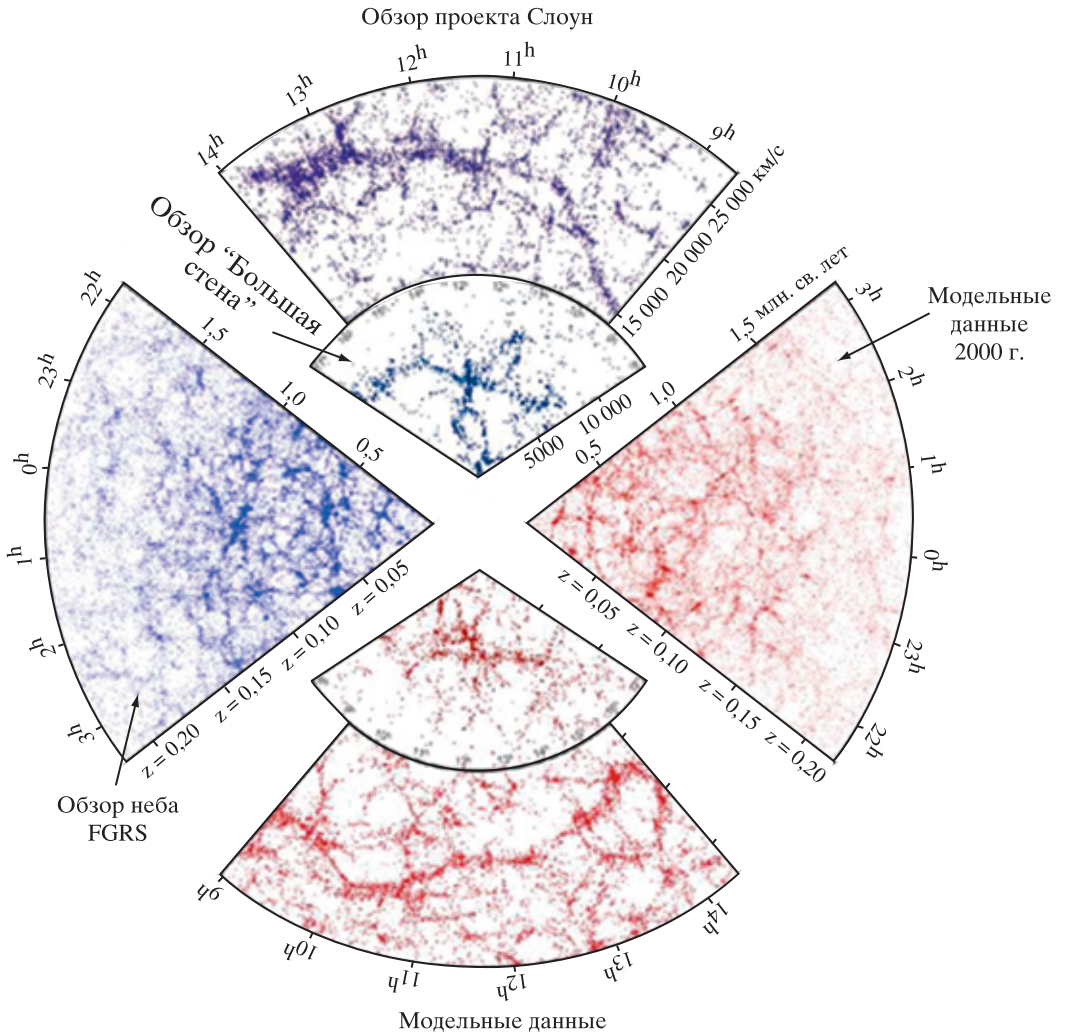
люционировало вместе с ним. Когда коллапс темной составляющей остановился, барионное вещество продолжило коллапсировать, плотность его возросла и стало возможным радиативное охлаждение. На этой стадии процесс ускорился, и барионы динамически отделились от темной составляющей. В самогравитирующих газовых комплексах внутри протогалактик началась фрагментация. Гравитационный потенциал гало регулировал падение газа на центральные, более плотные области системы. Там, где плотность газа превысила некоторое пороговое значение, начался процесс образования звезд.

В ходе аккреции закручивались газовые облака, и в зависимости от величины углового момента и других факторов формировался диск или сфероидальная компонента.

С появлением численного моделирования удалось не только воссоздать процессы иерархического слияния галактического вещества (скупивания), но и лучше понять структуру образовавшихся темных гало. Наиболее интересным свойством модельных гало, сформировавшихся путем иерархического слияния вещества, является вид профиля их плотности, который получен в работах троих выдающихся астрофизиков: аргентинца Хулио Навар-

ро, мексиканца Карлоса Френка и англичанина Саймона Уайта.

У иерархического сценария, как и у любой другой концепции, есть свои плюсы и минусы. Одним из его важнейших достижений является успешное моделирование наблюдаемого распределения галактик. Несмотря на это, иерархическая концепция на масштабах галактик наталкивается на противоречия с наблюдательными данными. Одно из них заключается в несоответствии формы реального профиля плотности гало, теоретически предсказанном Наварро, Френком и Уайтом. Распределение плотности с центральным пиком следует из теории, в то время как наблюдаемый профиль плотности скорее имеет вид псевдоизотермической сферы с ядром постоянной плотности в центре. Это противоречие подтверждено в работах нескольких авторов. Предположим, что наблюдаемый профиль плотности гало не соответствует модельному из-за неопределенности в разделении кривой вращения на компоненты. Согласия не удастся добиться даже в гипотезе о пренебрежимо малом вкладе диска (в случае карликовых и LSB-галактик). Некоторые авторы исследовали возможные модификации, которые привели бы к лучшему согласию модельных и наблюдаемых кривых вращения. В результате



Сектора участков небесной сферы в обзорах и модельных данных. Сопоставление распределения галактик, полученного в спектроскопических обзорах красных смещений (верхний и левый сектора) с результатами космологического моделирования (правый и нижний сектора). Распределение галактик хорошо согласуется с наблюдаемыми и модельными данными. По данным Спрингеля, Френка и Уайта. 2006 г.

исследований выявлено, что при взаимодействии между темным гало и барионным веществом центральный пик гало может превратиться в ядро.

Кроме трудностей с распределением массы темного гало в галактиках, у иерархических моделей есть и другие расхождения с наблюдениями. Например, иерархический сценарий предсказывает слишком большое количество кар-

ликовых галактик-спутников по сравнению с их реальным числом. Космологические модели предсказывают низкий угловой момент барионной материи (то есть газа, из которого формировались звездные компоненты галактик), приводящий к очередному противоречию: наблюдаемые размеры дисков оказываются существенно больше, чем это предсказывает-

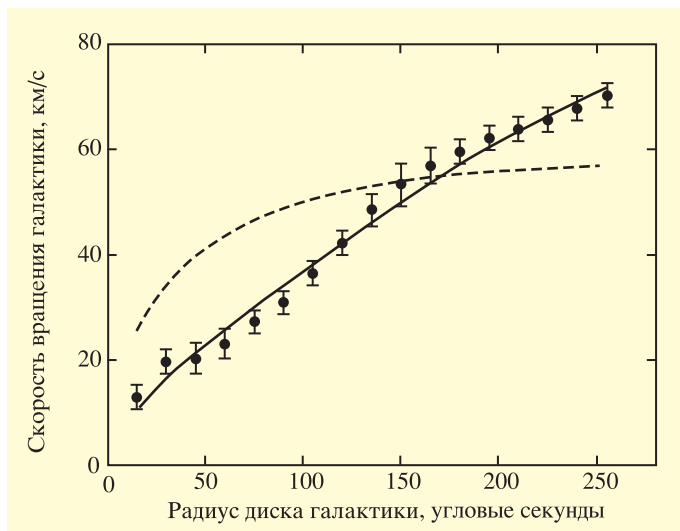


Диаграмма наблюдаемой кривой вращения галактики DDO 47 (21 млн св. лет, созвездие Близнецов) с модельными данными. Сплошной линией показана модель, включающая гало с ядром и звездный диск. Пунктиром обозначена кривая, соответствующая модели: теоретически предсказанный профиль плотности темного гало + звездный диск с экспоненциальным распределением поверхностной плотности. Расхождение между наблюдаемой кривой вращения точки и предсказанной в рамках концепции иерархического сгущивания (пунктир) говорит о том, что теоретически предсказанная модель плохо согласуется с наблюдениями. По данным Жентила и др. 2005 г.

ся в теории. Возникают и другие проблемы.

Знание сценария образования галактик поможет нам лучше понять, как могут быть связаны свойства темного гало и видимого вещества. Ведь если эта связь действительно существует, то ее источник нужно искать именно в процессах совместной эволюции видимого и темного вещества. Не стоит забывать, что иерархическая концепция встречает проблемы с интерпретацией наблюдений и требует модификации, поэтому нужно рассматривать ее

как “рабочий” вариант модели формирования галактик.

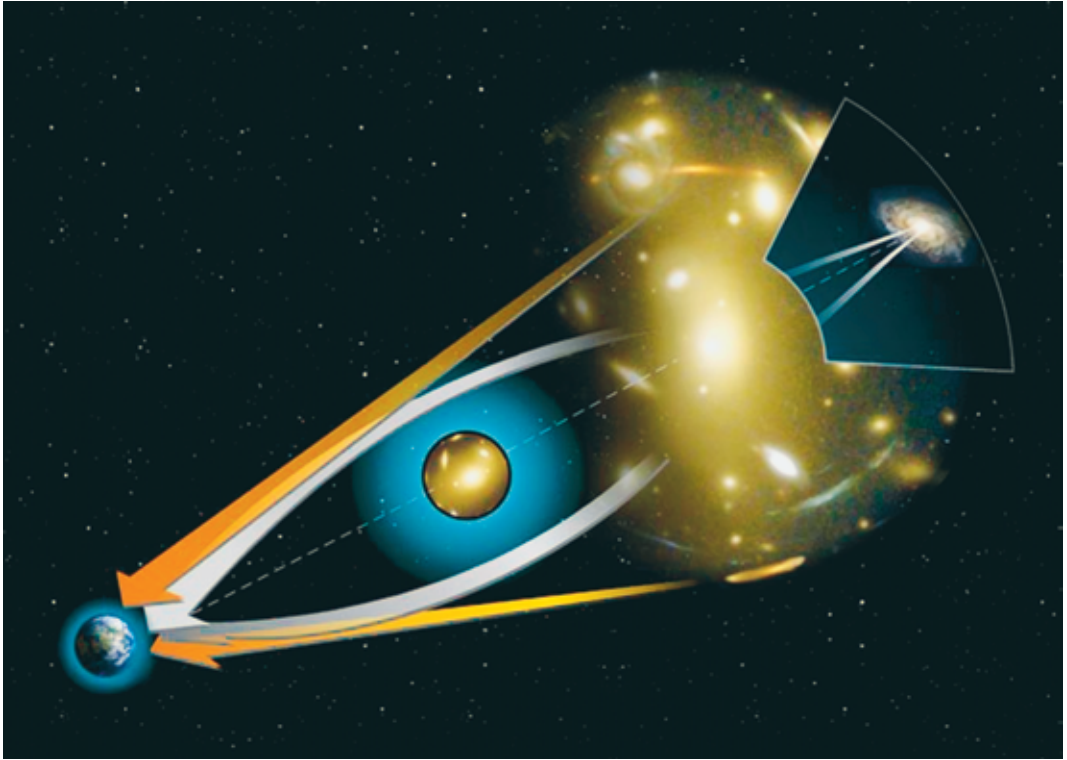
СВЯЗЬ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ СО СВОЙСТВАМИ ГАЛАКТИК

О связи между массой темного гало и видимого вещества в первую очередь свидетельствует зависимость между светимостью и скоростью вращения галактик, названная зависимостью Талли – Фишера в честь открывших ее в 1977 г. знаменитых астрофизиков Брента Талли и Ричарда Фишера. Из нее следует, что есть четкая

связь между светимостью галактики и распределением массы ее темного гало. Светимость галактики, в свою очередь, пропорциональна массе видимой составляющей. Таким образом, массы видимого и темного вещества оказываются связаны. Существование такой связи, вероятно, обусловлено процессами формирования галактик.

В 1991 г. при изучении кинематики спиралей итальянские астрофизики Массимо Персик и Паоло Салюцци обнаружили, что кривые вращения спиральных галактик обладают общими чертами, связанными с глобальными свойствами галактик. Кривые вращения галактик низкой светимости продолжают расти на оптическом радиусе, в то время как для объектов высокой светимости кривые вращения начинают спадать на этом расстоянии.

В 1996 г. группа итальянских ученых, М. Персик, П. Салюцци и Ф. Стэл, используя кривые вращения и профили яркости для выборки из 1100 спиральных HSB-галактик, построили универсальные кривые вращения. Они определялись светимостью и массой галактики и должны были воспроизводить кривые вращения любых объектов. Авторы считали, что универсальные кривые вращения полностью определяются двумя компонентами:



Схематическое изображение явления гравитационного линзирования. Свет от далеких (фоновых) галактик отклоняется в поле тяжести более близкого к наблюдателю скопления. Рисунок NASA.

диском с экспоненциальным профилем плотности и псевдоизотермическим темным гало. Причем кривая вращения описывается заданием таких параметров, как радиус ядра гало и отношение скорости дискового компонента к полной скорости вращения. А поскольку форма кривой вращения зависит от светимости (массы), то и параметры кривой вра-

щения, в частности отношение скорости дискового компонента кривой к полной скорости вращения, определяются функцией светимости. Таким образом, авторы пришли к важному выводу, что отношение массы гало (или диска) к полной массе галактики зависит от ее светимости (или массы). Этот вывод иногда подвергается сомнению некоторыми авторами. Например, в 1997 г. голландский астроном Марк Верхейзен обнаружил, что в рассмотренных им спиральных галактиках у 10 из 30 кривых вращения форма не согласуется с универсальной кривой. Таким образом, теория универсальных кривых

вращения применима не ко всем галактикам.

Противоречие между универсальной и наблюдаемой кривой вращения показывает наличие дополнительных параметров, определяющих форму кривой вращения, а следовательно, и массовую долю темного гало внутри заданного радиуса галактики. Таким параметром может быть центральная поверхностная яркость (плотность). Вероятна связь между массовой долей темного гало и поверхностной плотностью диска галактики: чем плотнее диск галактики, тем меньший вклад дает темное гало в полную массу галактики.



Помимо связи вклада темного гало в кривую вращения с массой (светимостью) или поверхностной плотностью (яркостью) галактик, некоторые авторы находят связь с цветом звездного населения. В 1981 г. она впервые обнаружена космологом и астрономом из Новой Зеландии Беатрис Тинсли, выявлявшей корреляции между массовой долей темного вещества и наблюдаемыми свойствами галактик. Б. Тинсли сопоставила зависимость отношения полной массы к светимости в фильтре В от показателя цвета В-V с аналогичной зависимостью, полученной в рамках эволюционного моделирования галактик в отсутствие темного гало. Отношения полной массы (темное гало + видимое вещество) к светимости оказа-

лись больше модельных для более голубых объектов (В-V менее 0,55), что указывает на то, что в них вклад темного гало в интегральную массу больше, чем в красных проэволюционировавших системах. Результат, полученный Б. Тинсли, был подтвержден данными наблюдений с использованием более современных моделей. Таким образом, массовая доля темного гало в галактиках оказывается статистически связанной с их звездным составом, а значит, и с характером эволюции звездного населения. Для наиболее проэволюционировавших галактик, в которых мало молодых звезд, вклад темной массы оказывается в среднем меньше. Можно предположить, что причиной является влияние крупномасштабных гравитационных не-

Скопление галактик Abell 2218 (2 млрд св. лет, созвездие Дракона). Хорошо видны арки – далекие галактики, искаженные под действием гравитационной линзы скопления. Снимок получен в 2001 г. КТХ. Фото NASA.

устойчивостей дисков, состоящих из звезд и газа, на звездообразование. При малой относительной массе гало диск становится самогравитирующим (находится под действием собственных гравитационных сил), что способствует развитию крупномасштабных неустойчивостей. По-видимому, они способствовали быстрому переходу газа в звезды еще в первые миллиарды лет эволюции, в то время как звездообразование в диске с массивным гало протекало менее интен-

сивно и со временем за-
тухало медленнее. Кор-
реляция массовой доли
темного гало с цветом
звездного населения
может быть обусловле-
на зависимостью между
цветом и полной массой
галактики, так как более
массивные галактики
чаще оказываются про-
эволюционировавшими
системами (с более “крас-
ными” показателями цве-
та $B-V > 0,7$).

Галактики по внешне-
му виду условно разде-
ляются на морфологиче-
ские типы. Зависимость
массовой доли темного
вещества от цвета звезд-
ного населения на стати-
стическом уровне может
отражать связь с мор-
фологическим типом га-
лактики, поскольку цвет
связан с типом. Балдж
галактик более раннего
морфологического типа
вносит заметный вклад
в полную светимость, в
то время как галакти-
ки позднего типа имеют
развитые спиральные ру-
кава. При этом объекты
самого позднего типа –
неправильные галакти-
ки – обладают клочкова-
той структурой без спи-
ральных рукавов и бал-
джа. Объекты ранних
типов отличаются в сред-
нем большим показате-

лем цвета ($B-V > 0,7$), чем
галактики поздних ти-
пов, хотя эта связь слабо
выражена для галактик
низкой светимости. Сле-
дует вывод о том, что
объекты ранних типов,
для которых характерен
красный цвет, обладают
в среднем меньшей мас-
совой долей темного ве-
щества по сравнению с
галактиками поздних ти-
пов. Если связь между
массовой долей темного
гало и морфологическим
типом действительно су-
ществует, то относитель-
ную массу темного гало
можно рассматривать
как один из параметров,
определяющий после-
дующую эволюцию га-
лактики.

Очень важным пред-
ставляется вопрос о
влиянии окружения га-
лактик на относительную

массу их темных гало.
Галактики могут обра-
зовывать пары, группы
и скопления, небольшая
их часть находится в изо-
ляции. Гравитационное
взаимодействие между
галактиками, вероятно,
сказывается на их тем-
ных гало. В современных
работах не находят свя-
зи между видом профиля
плотности темного гало
или его массовой долей
и окружением. Изоли-
рованные галактики ни-
как не выделяются свой-
ствами темных гало по
сравнению с галактика-
ми, находящимися в тес-
ном окружении.

Корреляция между
поверхностной плотно-
стью темного вещества
и нейтрального водоро-
да впервые была обна-
ружена в работах 1978 г.
и 1981 г. французского

Скопление галактик
Abell 1689 (2 млрд св. лет,
созвездие Девы). Фиолето-
вым цветом показано мо-
дельное распределение
темной материи. Снимок
получен в 2008 г. КТХ. Фото
NASA.



астронома Альберта Босма. В них сделан вывод о том, что полная поверхностная плотность вещества (то есть масса, приходящаяся на единицу площади диска), необходимая для объяснения наблюдаемой кривой вращения вне оптического радиуса, примерно пропорциональна поверхностной плотности нейтрального водорода. Этот результат эквивалентен выводу о связи между поверхностными плотностями темного вещества и нейтрального водорода, если пренебречь вкладом видимого вещества в полную поверхностную плотность за пределами оптического радиуса. Вопрос о постоянстве радиуса при отношении между поверхностными плотностями темной материи и нейтрального водорода повторно исследован в современных работах. К. Фриман, А. Броэлс и Ф. Комбс пришли к заключению, что это отношение постоянно вдоль радиуса за пределами оптических границ. Оно слабо меняется от галактики к галактике и возрастает при переходе от поздних к ранним морфологическим типам. Вывод о постоянстве этого отношения с радиусом получен и для карликовых галактик.

Исходя из связи между поверхностными плотностями темного вещества и нейтрального водорода, с учетом других предположений, была даже

предложена гипотеза о том, что темное вещество состоит из холодного газа, находящегося в основном в молекулярной форме и с фрактальной структурой. Возможно, постоянство отношения поверхностных плотностей темного вещества и нейтрального водорода отражает лишь сходство в законах распределения этих составляющих в галактиках.

ЧТО ЖЕ МЫ ЗНАЕМ
О ТЕМНОЙ МАТЕРИИ?

Судя по результатам многочисленных исследований, массовая доля темного гало в галактиках оказывается связанной с другими их характеристиками. Не существует такой корреляции, с которой соглашались бы все авторы. Такое положение дел объясняется тем, что оцененный вклад темного гало в полную массу галактики зависит от метода, с помощью которого он определялся. Разные методики дают порой противоречивые результаты, поэтому мнения расходятся по поводу того, от чего же все-таки зависит массовая доля темного вещества. Спорным является и вопрос о том, какие из зависимостей являются первичными, а какие просто автоматически следуют из них.

Учитывая все перечисленные трудности, следует выделить две зависимости, которые обсуждаются чаще все-

го. Это корреляции с поверхностной плотностью (яркостью) диска и массой (светимостью) галактики. Зависимость между массовой долей темного гало и поверхностной плотностью диска можно объяснить в рамках космологического моделирования, а с интерпретацией корреляции с массой возникают проблемы. По-видимому, правильнее их учитывать одновременно.

Две другие зависимости, представляющие особый интерес, — это корреляции с типом и цветом галактики. Есть вероятность, что они напрямую зависят от вклада темного гало в кривую вращения и массу, поскольку более массивные системы часто наиболее проэволюционировавшие и относятся к ранним типам (гигантские галактики). Предположим, что одна из этих зависимостей следует из другой. Но все же, если эти корреляции реальны, их можно использовать в качестве дополнительной информации в вопросах, связанных со звездообразованием в галактиках.

Что же касается связи массовой доли темного гало с окружением галактики, то, судя по последним данным, такой связи нет. Следовательно, темные гало, по-видимому, не разрушаются и не меняют своих свойств при взаимодействии. Конечно, этот вопрос требует дальнейшего рассмотре-

ния, но отсутствие такой связи дает нам информацию о свойствах темного вещества.

Остается открытым вопрос о прямом отношении к природе темного вещества корреляции между поверхностной плотностью газа (нейтрального водорода) и массой темной материи, приходящейся на единицу площади диска. Обнаружение этой связи позволило, в

частности, высказать в 1994 г. астрофизику из Женевского университета Д. Пфеннигеру предположение о барионном темном веществе, состоящем из очень холодного газа. Такой подход встречается с большими сложностями при попытке создания физической модели и нуждается в подробном изучении.

В конечном счете любая связь между наблю-

даемыми характеристиками видимой галактики и массовой долей темного вещества помогает нам продвинуться в понимании фундаментальных свойств как видимого, так и темного вещества. При изучении формирования и эволюции галактик темное и видимое вещество необходимо рассматривать совместно.

Информация

Исследования в УФ-диапазоне Туманности Андромеды

В начале 2012 г. американская космическая обсерватория “GALEX” (Galaxy Evolution Explorer – исследователь эволюции галактик) получила повторное ультрафиолетовое изображение Туманности Андромеды (M31), удаленной от нас на 2,5 млн св. лет (см. стр. 2 обложки, сверху).

Большая галактика Андромеды (наша ближайшая соседка) и Млечный Путь – доминирующие члены Местной группы галактик. Фотография, составленная из 11 снимков мозаики, покрывает область размером в 260 тыс. св. лет. На ней запечатлено около 20 тыс. различных источников. Преимущественно это новорожденные горячие звезды и плотные звездные скопления. Спиральные рукава, в которых преобладают горячие, молодые и массивные звезды, выглядят похожими на кольца и состоят в основном из голубых звезд, испускающих много высокоэнергичного ультрафиолетового излучения. В этих кольцах

происходит интенсивное звездообразование, свидетельствующее о столкновении галактики Туманность Андромеды с маленькой эллиптической галактикой-спутником M32, произошедшем более 200 млн лет назад. Происхождение огромного внешнего кольца размером 150 тыс. св. лет неизвестно. Не исключено, что оно связано с гравитационным взаимодействием с маленькой галактикой-спутником, обращающейся вокруг гигантской галактики.

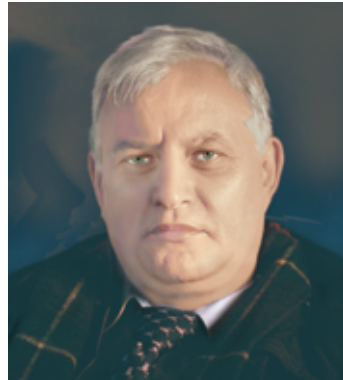
Пресс-релиз Калифорнийского технологического института,
15 мая 2012 г.

Темная энергия и космология

М.В. САЖИН,
доктор физико-математических наук

О.С. САЖИНА,
кандидат физико-математических наук,
ГАИШ МГУ

На протяжении прошлого века молодая наука космология сумела претерпеть огромное количество изменений. Наше видение глобальной структуры пространства-времени несколько раз было кардинально пересмотрено. В 2011 г. лауреатами Нобелевской премии по физике стали американцы Сол Перлмуттер, Адам Рис и австралиец Брайан Шмидт (Земля и Вселенная, 2012, № 1, с. 19–20). Ученые получили премию за открытие ускоренного



расширения Вселенной. О том, чем может быть вызвано расширение (“темная энергия”), а также о

динамике развития нашей Вселенной из прошлого в далекое будущее мы поговорим в этой статье.

СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ ТИПА Ia

С. Перлмуттер возглавлял группу астрономов в США, начавшую наблюдения сверхновых звезд еще в 1988 г. Б. Шмидт руководил группой, приступившей к

исследованиям этих объектов в конце 1994 г., одному из членов которой, А. Рису, принадлежит ключевая роль в сделанном открытии. Они изучали сверхновые звезды и накапливали данные, полученные с помощью новейших крупных на-

земных телескопов, космических обсерваторий, мощных компьютеров и сверхчувствительных ПЗС-матриц.

В конце прошлого века обе группы опубликовали результаты наблюдений, согласно которым Вселенная начала рас-

ширяться ускоренно, когда прошло 7 млрд. лет с момента Большого взрыва. Напомним, что возраст современной Вселенной составляет около 14 млрд. лет. Таким образом, ученые выявили поразительный факт. Ранняя Вселенная, возраст которой был меньше 7 млрд. лет, расширялась замедленно, но, начиная с этой критической эпохи, замедление сменилось ускорением.

Поскольку скорость света конечна, то в космологии мы наблюдаем объекты в более раннюю эпоху, а именно отстоящую от нас на временной интервал, равный расстоянию до объекта, деленному на скорость света. Поэтому галактики, находящиеся от нас на расстоянии больше 7 млрд. св. лет ($z = 0,6$), подвержены глобальному движению с замедлением (движению по инерции). Свет от галактик, находящихся ближе к нам, был испущен позже, чем 7 млрд. лет от Большого взрыва, поэтому эти галактики разлетаются от нас с ускорением.

Это открытие вызвало настоящую сенсацию, несмотря на то что к концу XX в. уже разработали теоретическую модель такого процесса. Однако для обеспечения наблюдаемого ускоренного расширения Вселенной необходимы специальные механизмы. Это может быть либо новая фундаментальная постоянная (лямбда-член),

либо принципиально новый вид материи, заполняющей всю Вселенную. Сразу отметим, что природа ускоренного расширения до сих пор является загадочной, хотя его существование подтверждено несколькими независимыми группами с помощью различных методов и не подвергается сомнению.

Рассмотрим подробнее, что представляют собой звезды SN Ia и почему их свойства оказались столь ценными для космологии.

Сверхновые звезды известны давно (Земля и Вселенная, 1981, №№ 4, 5; 2008, № 2). Одно из первых дошедших до нас свидетельств – описание звезды-госты в китайских хрониках. Она вспыхнула в нашей Галактике в 1054 г. и была видна днем в течение одного месяца. Впоследствии звезда стала угасать, но еще в течение двух лет ее можно было наблюдать невооруженным глазом. Сейчас на месте звезды-госты находится Крабовидная туманность – остаток Сверхновой 1054 г., в центре которой расположен миллисекундный пульсар (Земля и Вселенная, 1982, № 3).

Сверхновые звезды делятся на несколько типов. Звезды типа Ia (SN Ia) – ярчайшие объекты (“маяки Вселенной”) – замечательны тем, что их кривые блеска носят универсальный характер, поэтому можно считать,

что у них одинаковые свойства. В последнее десятилетие XX в. ученые выявили удивительные особенности сверхновых звезд. Во-первых, звезды SN Ia хорошо видны даже с космологических расстояний, сравнимых с наблюдаемым размером нашей Вселенной, при больших значениях красного смещения. Во-вторых, что особенно важно, они вспыхивают достаточно часто, позволяя “расставить” в космосе “верстовые столбы” – пространственные ориентиры во Вселенной. Светимость этих звезд в максимуме своего блеска почти постоянна, что является бесценным свойством для космологии.

Общепринятая теоретическая модель звезд SN Ia – термоядерный взрыв белого карлика с массой около $1,3 M_{\odot}$, примерно равной пределу Чандрасекара. По мере приближения массы белого карлика к своей допустимой верхней границе вещество в нем теряет гидростатическую устойчивость. Происходит это из-за нейтронизации вещества, но такая устойчивость приводит к термоядерному взрыву, а не к коллапсу. Энергия, выделившаяся при взрыве белого карлика, вполне достаточна, чтобы объяснить энергию SN Ia. Масса вещества, сброшенного в виде оболочки, составляет примерно M_{\odot} , а его скорость в расширяющейся оболочке достигает нескольких



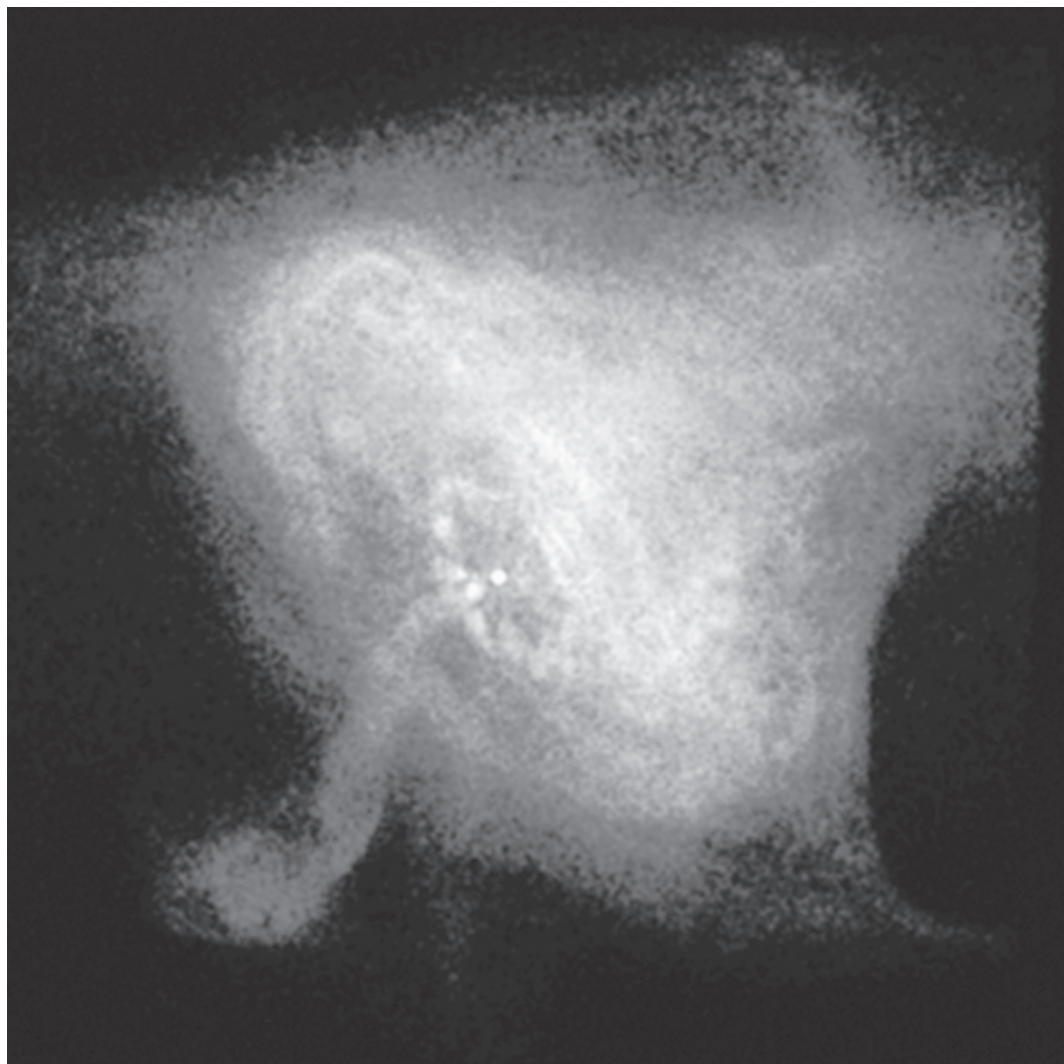
Крабовидная туманность – остаток Сверхновой 1054 г. и ее рентгеновское изображение (стр. 35). В центре туманности расположен пульсар. Снимки сделаны в 2008 г. и 2011 г. КТХ и космической обсерваторией “Чандра”. Фото NASA.

десятков тысяч километров в секунду.

Быстрое и адиабатическое расширение оболочки ведет к ее охлаждению, после чего начинается реакция радиоактивного распада никеля ^{56}Ni , образовавшегося в результате

термоядерных реакций. Процесс распада этого элемента и определяет форму кривой блеска SN Ia. Светимость в максимуме блеска определяется только массой выброшенного никеля. При выбросе половины солнечной массы светимость

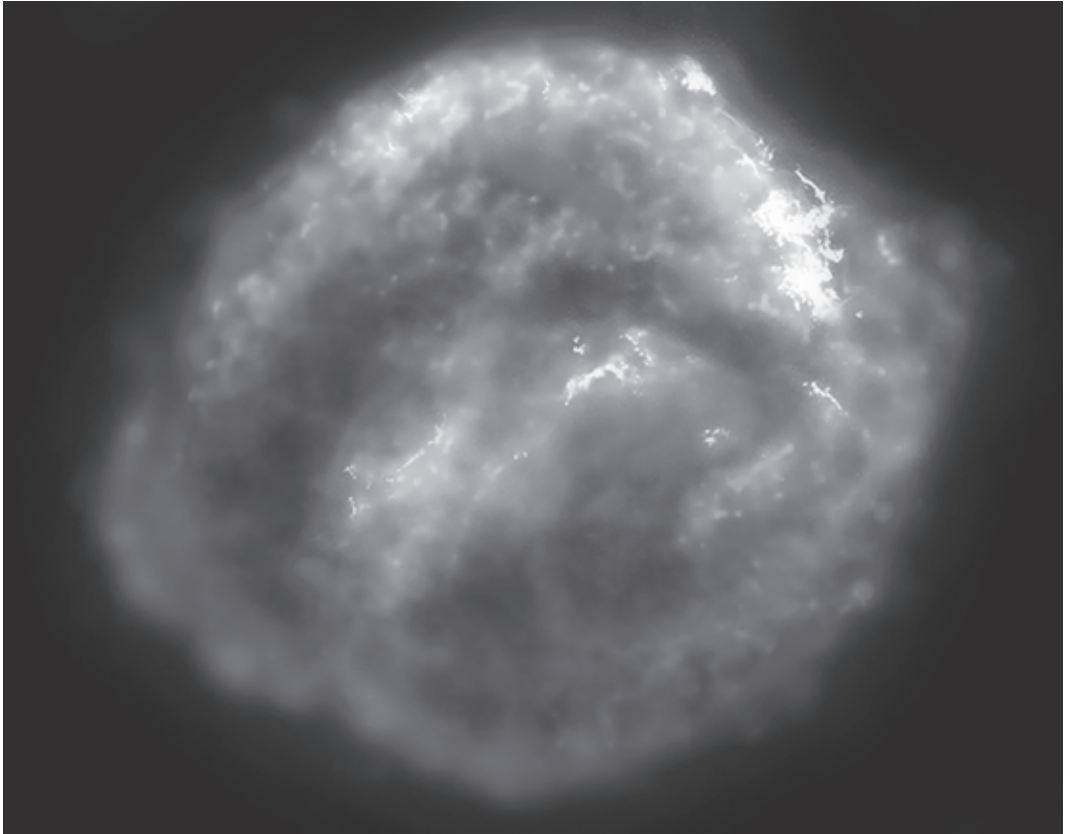
соответствует абсолютной звездной величине $-19,2^m$. Наблюдения также показали, что вариация светимости в максимуме блеска зависит от скорости спада звездной величины после максимума. Этот эффект был открыт замечательным



советским и российским астрономом Ю.П. Псковским и сейчас носит название “эффект Псковского – Филлипса”. С его помощью можно точнее определить светимость в максимуме блеска. Сейчас светимость звезд SN Ia измеряется с точностью до одной десятой звездной величины.

Эти два свойства – яркость звезды, сравнимая в максимуме блеска с яркостью всей галактики, а также прецизионное измерение светимости звезды в максимуме – позволяют астрономам использовать SN Ia как “стандартную свечу” в космологии (Земля и Вселенная, 2010, № 4, с. 93, 110–111). Такое свойство космических объектов

дает возможность измерять расстояние до них. Действительно, представим себе лампу накаливания, светимость которой хорошо известна наблюдателю. Поместим эту лампу на некоторое расстояние от наблюдателя, а ему дадим небольшой телескоп с фотоумножителем, чтобы измерять поток света от лампы. Поток прямо про-



порционален светимости (с известным значением) и обратно пропорционален квадрату расстояния до источника света. Знание светимости и возможность измерять поток позволяет вычислить расстояние до источника света. В астрофизике это называется “болометрическим расстоянием”. С помощью эффекта Псковского – Филлипса измеряют расстояние до сверхновых звезд, а по смещению спектральных линий определяют скорость движения звезды и материнской галактики, которой принадлежит звезда.

Таким образом, космологи получили в свои руки замечательный спо-

соб измерять кинетические свойства расширяющейся Вселенной.

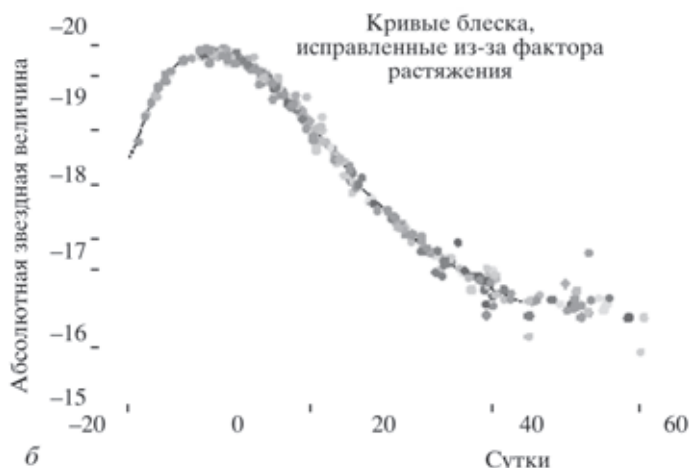
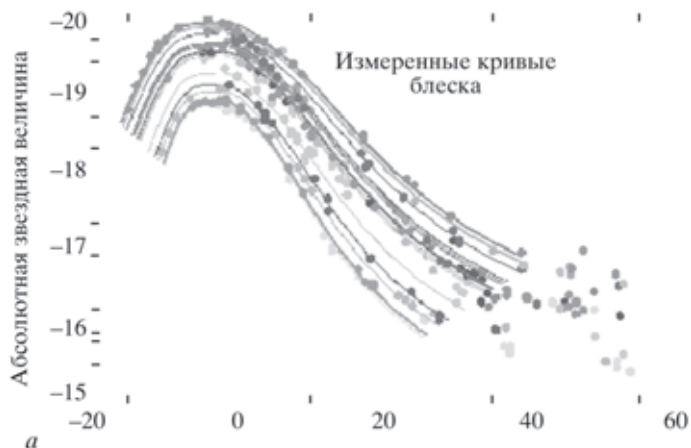
ДИАГРАММА ХАББЛА

Обратимся теперь к результатам, полученным астрофизиками при наблюдении сверхновых SN Ia. На их основе построены диаграммы Хаббла для таких звезд. На диаграмме отложены скорость удаления внегалактического объекта (в нашем случае – сверхновой звезды, принадлежащей другой галактике) и расстояние до этого объекта. В 1929 г. Э. Хаббл показал, что положения галактик на такой диа-

Остаток Сверхновой SN 1604 в Змееносце (расстояние 20 тыс. св. лет). Вспышку этой сверхновой типа SN Ia изучал И. Кеплер, поэтому она носит его имя. Синтезированное изображение составлено в 2004 г. из снимков, полученных космическими обсерваториями “Чандра”, KTX и “Спитцер”. Фото NASA.

грамме образуют прямую линию с некоторым наклоном, проходящую через начало системы координат диаграммы. Наклон этой линии определяет параметр Хаббла, а положение галактик указывает, что мы живем в расширяющейся

Графики кривых блеска, измеренные в фильтре "В" у нескольких сверхновых звезд типа SN Ia: а) результаты непосредственных измерений, б) исправленные из-за фактора растяжения, согласно эффекту Псковского – Филлипса. У всех кривых практически одинаковые профили (разница в абсолютной звездной величине составляет доли). Кружки разного цвета обозначают измерения разных сверхновых звезд.



Вселенной. Соотношение между скоростью и расстоянием называется законом Хаббла (Земля и Вселенная, 2009, № 5, с. 25).

К середине XX в. космологи поняли, что для далеких внегалактических объектов, удаленных на более чем 4 Гпк (примерно 13 млрд. св. лет), зависимость расстояние – скорость не будет линейной (Земля и Вселенная, 2007, № 3). Такие отклонения предсказывались всеми теоретическими моделями нашей Вселенной, а форма кривой определялась видом материи, заполняющей нашу Вселенную. Однако эффекты эволюции галактик, а также другие систематические эффекты не позволяли построить диаграммы Хаббла, достаточно точные, чтобы определить отклонение от прямой линии. Такая возможность появилась, когда были опублико-

ваны данные наблюдений звезд типа SN Ia. В 1998 г. коллектив под руководством С. Перлмутера опубликовал работу с диаграммой Хаббла, в которой отражены данные наблюдений, охватывающих область вплоть до $z = 1$ (около 7 млрд св. лет). При больших значениях красного смещения появилось значимое отклонение от прямой зависимости на диаграмме Хаббла. Это соответствовало тому, что наша Вселенная заполнена обыч-

ным веществом на 27%, а остальное – неизвестный вид материи, названный темной энергией (Земля и Вселенная, 2006, № 1; 2009, № 5).

В том же году свои результаты исследований опубликовала другая группа, в ее составе – А. Рис и Б. Шмидт. Данные двух групп совпали. Таким образом, была открыта темная энергия. Дальнейшие работы подтвердили эти результаты, а диаграмма Хаббла для сверхновых звезд

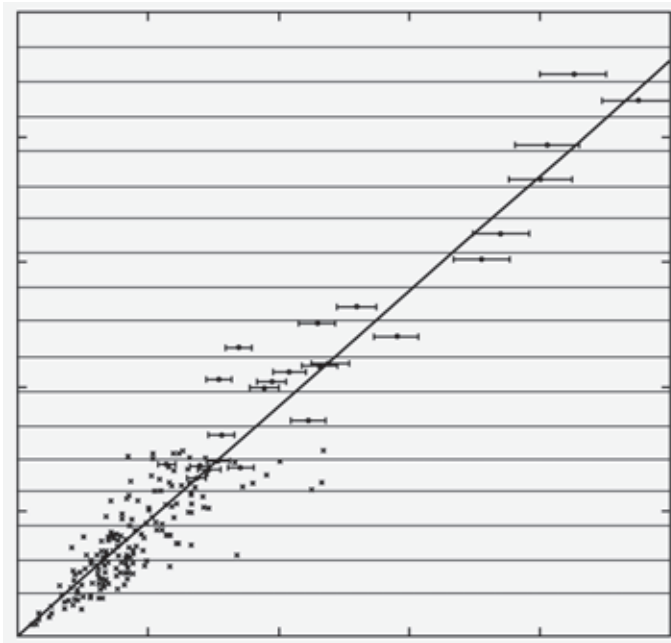


Диаграмма Хаббла для галактик. Черточками указано положение достаточно близких к нам галактик, расстояние до них не превышает 100 Мпк. Распределение галактик (с точностью до ошибок измерения, указанных горизонтальными отрезками) близко к линейному. Тангенс угла наклона представленной на рисунке линии соответствует постоянной Хаббла. Крестиками отмечены галактики, ошибки измерения которых малы.

была построена с исчерпывающей полнотой, измерены составляющие нашей Вселенной. Для подтверждения этого открытия астрофизики использовали и другие методы, связанные с из-

мерением характеристик анизотропии реликтового излучения и скопления галактик. Здесь стоит отметить, что когда космологи пишут “вклад обычной материи”, они имеют в виду не только

окружающее нас вещество, но и темную материю. При нанесении на диаграмму Хаббла “скорость – расстояние” данных по сверхновым типа Ia обнаружилось отклонения от прямой линии. Эти отклонения предсказывались теоретическими моделями нашей Вселенной, а их величина определялась видом материи, заполняющей нашу Вселенную.

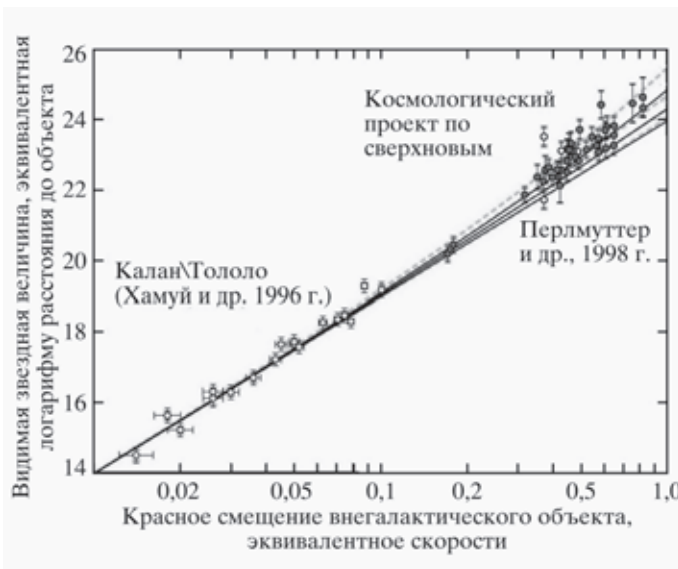
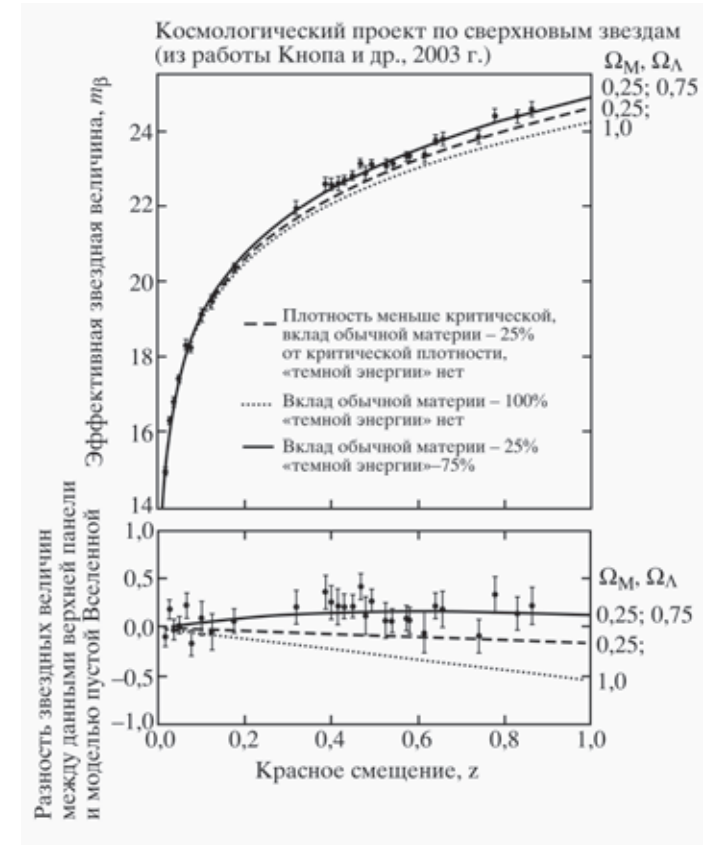


Диаграмма Хаббла, построенная по данным исследований сверхновых звезд типа SN Ia. По сравнению с диаграммой Хаббла для галактик она является “перевернутой”. Красное смещение измеряется скоростью сверхновой звезды, деленной на скорость света. Видимая звездная величина пропорциональна логарифму расстояния до сверхновой звезды.

Диаграмма Хаббла для сверхновых звезд, построенная на основе результатов пятилетних исследований. Точность измерений выросла, что позволяет с уверенностью судить о наличии темной энергии, которая выявлена в нелинейной зависимости красного смещения от звездной величины (эквивалентно скорости удаления объектов от расстояния до них). Профиль кривой зависит от соотношения между плотностью материи (барионной и темного вещества) и темной энергии.

ЧТО ТАКОЕ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Вещество, из которого состоят все космические тела, космологи называют “барионным веществом”. Его составляющая в полной плотности нашей Вселенной всего 4%, к темной материи относятся 23% (оставшиеся 73 % приходятся на темную энергию; Земля и Вселенная, 2010, № 1). Так ее называют потому, что она не видна в телескопы, но этот тип вещества похож на обычное вещество. Темная материя состоит из элементарных частиц неизвестного типа, стабильных на промежутках времени, сравнимых с возрастом нашей Вселенной, но не взаимодействующих (или чрезвычайно слабо взаимодействующих) с фотонами. Такие частицы не поглощают и не излучают фотоны, поэтому их

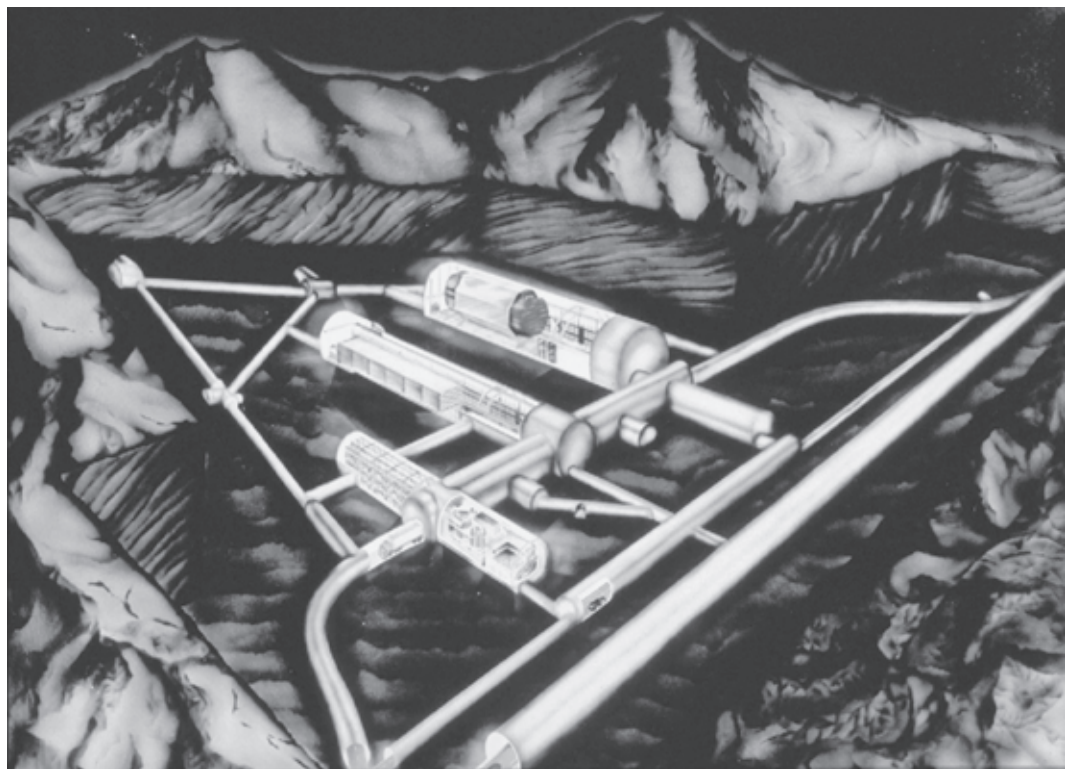


не видно в телескопы. Проявления темной материи наблюдаются во многих процессах и открыты различными способами: в результате измерения скоростей галактик в скоплениях галактик, по наличию в них горячего газа, а также по проявлениям эффектов слабого внегалактического гравитационного линзирования и микролинзирования в нашей Галактике.

В настоящее время делают попытки зарегистрировать частицы темной материи физическими методами (Земля и Вселенная, 2005, № 1, с. 89). Созданы детек-

торы, чувствительные к темной материи различных видов. Так, итальянские физики в подземной лаборатории Гран-Сассо ищут вимпы (один из гипотетических видов темной материи; аббревиатура, образованная из первых букв слов weakly interacting massive particles – слабо взаимодействующие массивные частицы) в эксперименте DAMA/LIBRA. Хотя объявлено, что ученые смогли детектировать частицы темной материи, пока это не подтверждено.

Астрофизики точно установили факт расширения Вселенной в промежутке красных смеще-



ний $0 < z < 1$ и измерили его количественно. Основные характеристики любого движения (в частности, расширения) – это скорость и ускорение. Скорость расширения характеризуется параметром Хаббла, ускорение – “параметром замедления” (q). Это название возникло исторически и связано с тем, что наполнение Вселенной материей обычного типа приводит всегда к замедленному расширению, по аналогии с полетом ракеты с Земли. Пока работают двигатели, ракета удаляется от стартовой площадки с ускорением. Наступает момент, когда топливо кончается, тогда ра-

кета начинает двигаться по инерции. Движение по инерции происходило бы равномерно, если бы отсутствовало гравитационное поле Земли. Оно действует на ракету, притягивает ракету, из-за этого движение ракеты замедляется, удаление ракеты от Земли происходит замедленно.

Ранняя Вселенная была заполнена темной энергией, предсказываемым теоретиками гипотетическим веществом, послужившим движущей силой для ее экспоненциального ускоренного расширения (стадия инфляции; Земля и Вселенная, 2009, № 2). Когда эта стадия закончилась, то есть механизм ускорения

Устройство подземной лаборатории Гран-Сассо (Италия). Приборы эксперимента DAMA/LIBRA располагаются вблизи средней и правой камер. Приборы измеряют поток частиц темной материи.

“выключился”, наше пространство-время стало расширяться по инерции. Считалось, что в этом процессе доминирующую роль играло собственное гравитационное поле родившейся обычной материи. Будучи полем притяжения, оно должно было обеспечивать замедленное расширение Вселенной. Наблюдения показали, что это не так. Вселенная сравнительно

недавно (начиная с красного смещения $z \approx 0,6$) стала расширяться ускоренно.

При расширении все тела меняют свою плотность, в том числе и Вселенная. Правда, разные составляющие материи меняют свою плотность по различным законам. Не меняет плотность при расширении или сжатии только вакуум. Поэтому иногда такой вид материи называется “фальшивым вакуумом” или “тяжелым вакуумом”. Темную энергию именуют в зависимости от того, как ее плотность ведет себя при расширении. Если при расширении ее плотность уменьшается, такой вид темной энергии называют “квинтэссенция”. Если плотность остается постоянной, проявляется новая фундаментальная физическая константа. Если темная энергия обладает плотностью, возрастающей при расширении (есть и такая модель темной энергии), то она называется “фантомной”.

В ранней Вселенной плотность обычной материи значительно превосходила плотность темной энергии. Поэтому влияние темной энергии на эволюцию Вселенной было ничтожно. Время шло, плотность обычной материи уменьшалась быстрее, чем плотность темной энергии. Ближе к современному моменту времени (что фактически соответствует времени существования Вселен-

ной, около 13 млрд лет) плотность темной энергии стала больше, чем плотность обычной материи. Наступила стадия доминирования темной энергии, она стала определять характеристики расширения: скорость и ускорение. Таким образом, в нашей Вселенной наступила новая стадия – ускоренного расширения при доминировании темной энергии, которая продолжается до сих пор.

Предпринимались попытки обнаружить темную энергию по ее воздействию на движение сверхновых SN Ia, по ее возможному влиянию на крупномасштабную структуру пространства-времени, а также по анизотропии реликтового излучения. В последнем случае подтверждение открытия темной энергии пришло из наблюдательных данных в радиодиапазоне. Реликтовое излучение родилось в ранней Вселенной в тот момент, когда вещество Вселенной разделилось на собственно материю (протоны, нейтроны, электроны) и излучение (фотоны). Это разделение произошло, когда остыла плазма, которую представляла собой очень ранняя Вселенная. Вещество начало связываться в атомы, а реликтовые фотоны стали распространяться свободно. Это излучение приходит к нам со всех сторон, с так называемой поверхности последнего рассея-

ния, расстояние до которой соответствует почти 14 Гпк, то есть размеру видимой части современной Вселенной. Мы живем внутри этого источника излучения.

Интересно обратить внимание на своеобразный косвенный путь поиска темной энергии. Дело в том, что в ранней Вселенной гравитационные силы притяжения обычной материи доминировали, а вклад темной энергии был очень мал, меньше одной сотой доли процента. Со временем, когда плотность обычного вещества падала с расширением пространства-времени, влияние темной энергии становилось все больше, поскольку ее плотность падает медленнее (в некоторых моделях темной энергии ее плотность постоянна или даже растет). После открытия темной энергии в ближней, современной нам Вселенной, где она уже доминировала, астрофизики вернулись к изучению загадок ранней Вселенной и с удивлением обнаружили, что почти все пробелы в знаниях об анизотропии реликтового излучения заполнены, а несоответствия исчезли.

Помимо анизотропии, гипотеза существования темной энергии нашла независимое подтверждение и в анализе данных, полученных при изучении крупномасштабной структуры Вселенной и скоплений галактик. Как оказалось,

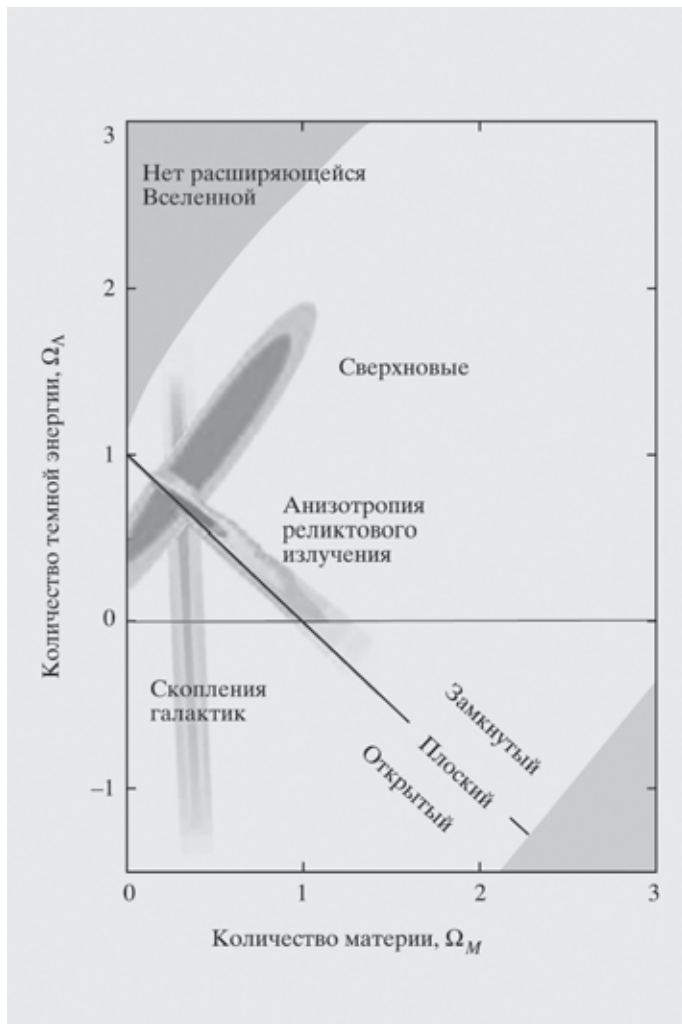


Диаграмма показывает измеренные соотношения количества материи (барионной и темного вещества) Ω_M и темной энергии Ω_Λ . Эллипсом обозначена область измерений (с ошибками), сделанных на основе данных по сверхновым звездам SN Ia, область вдоль наклонной прямой – измерения по анизотропии реликтового излучения, вертикальной полосой – данные исследований скоплений галактик. Видно, что пересечение трех допустимых областей указывает на значения $\Omega_\Lambda = 0,73$ и $\Omega_M = 0,27$, то есть вклад темной энергии в общую плотность составляет 73%, темной и барионной материи – 27%.

Еще одно подтверждение существования темной энергии пришло из внегалактической астрономии. Доктор физико-математических наук А.Д. Чернин (ГАИШ МГУ) вместе со своими коллегами изучал распределение скоростей ближайших к нам галактик и скоростей галактического вещества. Обнаружены дополнительные силы глобального масштаба, которыми могут быть гравитационные силы, вызванные темной энергией.

ПРИРОДА ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ

Наши познания о темной энергии ограничиваются несколькими наблюдательными фактами. Известно, что темная энергия, в отличие от обычного вещества (барионов и темной ма-

теоретические модели с привлечением темной энергии гораздо лучше соответствуют наблюдательным данным, отражают истинное распределение галактик во Вселенной и их эволюцию. Конечно, это косвенное подтверждение, но очень важное. Существенно продвинулся в решении этой проблемы доктор физико-математических наук А.А. Вихлинин (ИКИ РАН), руководящий группой по

изучению эволюции скоплений галактик в рентгеновском диапазоне. С помощью рентгеновской космической обсерватории “Чандра” наблюдались динамические процессы горячего газа в массивных скоплениях галактик, что позволило обнаружить замедление эволюции скоплений с течением времени. Чем ближе скопление к нам, тем медленнее идет в нем эволюция. В этом повинна темная энергия.

терии), равномерно распределена в пространстве. Если у этого типа материи и есть контраст плотности (как следует из теоретических моделей), то он должен быть очень мал, не выше нескольких сотых долей процента. Второй факт, который заставляет считать этот вид материи особым, заключается в том, что темная энергия обладает свойством антигравитации, принципиально отличающим ее от любого другого вида материи. Что же может представлять собой темная энергия?

Разработано несколько моделей темной энергии, и они различаются одним важным параметром – параметром уравнения состояния, который есть отношение давления к плотности энергии покоя. Для всех обычных веществ этот параметр практически не отличается от нуля, но для темной энергии он близок к -1 . Если параметр состояния больше этой величины, то такую темную энергию называют квинтэссенцией, при точном равенстве мы имеем Вселенную с лямбда-членом. Если же параметр меньше -1 , то реализуется фантомная темная энергия.

Плотность квинтэссенции при расширении падает медленнее, чем плотность обычного газа. В случае лямбда-члена плотность темной энергии при расширении остается постоянной, а для

фантомной энергии ее плотность при расширении растет. Темная энергия характеризуется не только плотностью, но и отрицательным давлением. Отрицательное давление существует не только в космологии. Оно существует и в обычной жизни. Каждый из читателей хоть раз в жизни плавал на лодке. Когда загребашь веслом воду, сзади лопасти весла образуются маленькие пузырьки, возникающие из-за того, что в воде образуются полости с отрицательным давлением. Причем темная энергия обладает свойством идеальной жидкости. Отрицательное давление – это положительное натяжение, оно вынуждает сближаться. Натяжения присутствуют, например, в атомах. Так, можно сблизить два атома водорода и образовать атом гелия. Причем в атоме гелия действуют ядерные силы, удерживающие положительно заряженные частицы (протоны) от разлета и вызывающие натяжения. Натяжения дают вклад в массу атома гелия. Этот вклад отрицательный! Масса атома гелия меньше, чем масса двух разделенных протонов. Дефект массы возникает из-за действия сил натяжения.

Обсуждение возможной природы темной энергии начнем с модели Вселенной с лямбда-членом, так как она была первой космологической моде-

лю. Ее разрабатывал еще А. Эйнштейн, вводя в уравнения Общей теории относительности эту новую фундаментальную постоянную: размерность лямбда-члена обратно пропорциональна квадрату расстояния. Эйнштейн ввел эту константу, чтобы построить модель стационарной Вселенной. Позже, после работ 1922–1924 гг. российского ученого А.А. Фридмана и открытия расширения Вселенной, Эйнштейн принял теорию расширяющейся Вселенной и отверг модель с лямбда-членом. Тем не менее астрофизики позже возвращались к этой модели и рассматривали ее следствия. 40 лет назад советские астрофизики И.С. Шкловский и Н.С. Кардашёв привлекли модель с лямбда-членом для объяснения распределения квазаров по красным смещениям. Следует отметить, что для объяснения наблюдаемого распределения квазаров требовался лямбда-член, практически совпадающий по величине с тем лямбда-членом, который измерили космологи в наше время.

Модели квинтэссенции и фантомной энергии могут быть реализованы в физической модели сверхлегких скалярных полей. Для квинтэссенции получаемое поле достаточно “респектабельное” (в смысле нарушения условий энергодоминантности, о которых речь пойдет

ниже) и не приводит к неприятностям, то есть к нарушениям основополагающих и привычных нам физических законов, при анализе методами физики элементарных частиц. Другая ситуация возникает при наличии фантомной энергии: нарушается условие энергодоминантности, согласно которому скорость потока энергии вещества всегда меньше скорости света. Плотность энергии покоя вещества в случае фантомной энергии оказывается меньше абсолютного значения его давления.

Коротко напомним, что представляют собой энергетические условия. Любое “классическое” вещество имеет неотрицательную плотность энергии – это так называемое “слабое энергетическое условие”. Плотность энергии покоя вещества, а также ее сумма с давлением должны быть неотрицательными. Для “классического” вещества не может быть гравитационных сил отталкивания – это “сильное энергетическое условие” (оно нарушается, когда тензор энергии-импульса вещества становится очень большим по абсолютной величине и отрицательным). Плотность энергии покоя вещества, его давление, а также их сумма должны быть неотрицательными. Темная энергия характеризуется отрицательным давлением, что нарушает сильное энергетическое

условие, хотя может и не нарушать слабое энергетическое условие.

Таким образом, слабое и сильное энергетические условия будут выполняться только при условиях, что плотность энергии покоя вещества неотрицательна и не существует отрицательного давления (то есть натяжения), сравнимого по величине или большего этой плотности. Фантомная темная энергия нарушает оба эти условия.

Феномен темной энергии позволяет иначе взглянуть на эволюцию Вселенной и прогнозировать ее будущее.

“ЧЕРНАЯ ДЫРА НАОБОРОТ”

Наличие темной энергии окажет сильное влияние на будущее Вселенной. Предлагается несколько возможных сценариев развития событий на космологических промежутках времени. Если темная энергия все-таки реализуется в виде космологической постоянной (лямбда-члена), то в далеком будущем может образоваться фиксированный горизонт событий. Он представляет собой воображаемую сферу, в центре которой расположен наблюдатель. Вне этой сферы ни материя, ни излучение никогда не смогут достичь наблюдателя. Подчеркнем, что в таком сценарии материя и излучение оказались бы заперты вне горизонта событий, а не внутри

него, как это происходит с черными дырами (Земля и Вселенная, 2005, 4; 2010, № 1). В этом смысле такая модель представляет собой как бы “черную дыру наоборот”, поскольку ничто не может уйти под горизонт, то есть попасть в наблюдаемую нами область пространства-времени, в то время как в “классической” черной дыре ничто не может выйти из-под горизонта. В данном случае “классическая” черная дыра как бы охватывает нас со всех сторон, эти области навсегда останутся для нас недоступными.

Галактики будут разлетаться от нас все дальше и дальше, Вселенная будет все более пустой. Первым шагом к таким переменам станут возможные изменения в местной группе галактик, в которую входят Млечный Путь, Туманность Андромеды и несколько карликовых галактик-спутников. Все они, по мнению космологов, постепенно сольются в единое гигантское шарообразное скопление звезд. Более удаленные галактики, гравитационно не связанные с этой группой, будут продолжаться удаляться. Наблюдаемая область пространства растет за счет распространения лучей света из наиболее удаленных уголков Вселенной. Однако общий объем ускоренно расширяющейся Вселенной растет быстрее, и поэтому

эти далекие галактики постепенно полностью пропадут из доступного нам поля зрения. Такой процесс может занять более 100 млрд лет.

В таком отдаленном будущем ближний космос изменится незначительно, хотя наиболее яркие звезды выгорят, израсходовав свою внутреннюю энергию, а удаленные галактики совсем исчезнут из поля зрения. Реликтовое излучение – ценнейший свидетель эпохи Большого взрыва – к этому времени рассеется, постепенно переходя из микроволнового диапазона в радиоволновую. Многократное звездобразование сильно исказит первоначальный состав химических элементов межзвездной среды. Однако если темная энергия обусловлена не просто космологической постоянной, за счет которой плотность темной энергии не падает с расширением, Вселенную будущего могут ожидать и другие варианты развития. В случае фантомной энергии ее плотность будет расти с расширением, и Вселенная достигнет бесконечных размеров. Горизонта событий не будет, но расстояния между галактиками станут бесконечно большими. Если темная энергия окажется квинтэссенцией, то Вселенная никогда не станет бесконечно большой за конечный промежуток времени. Горизонт событий также не образует-

ся, удаленные галактики останутся в доступной нам области видимости.

Кроме того, состав темной энергии может зависеть и от времени: в разные периоды доминирует энергия какого-то одного типа, переходящего в другой. Таким образом, формирование горизонта событий нашей Вселенной в далеком будущем очень чувствительно к балансу двух противоположных характеристик: полной массы Вселенной, определяющей ее геометрию, и состава темной энергии, задающей темп ее расширения.

ВРЕМЯ – ВПЕРЕД?

Наше представление о связи пространства и времени сильно менялось. От абсолютизма теории Ньютона, где пространство и время не зависели друг от друга и были вечной и неизменной ареной для протекания всевозможных физических процессов, мы шагнули к теории относительности, которая установила невозможность существования пространства без материи и времени и смогла предоставить точнейшие количественные описания их взаимодействия. Теперь же перед учеными раскрываются теории суперструн, петлевой гравитации и другие абстрактные модели, призванные объединить теорию гравитации с квантовым подходом. Эти теории красивы с ма-

тематической точки зрения, но пока еще очень далеки от проверки наблюдательными или экспериментальными методами, хотя потенциально очень притягательны для исследователей.

Открытие темной энергии – принципиально нового типа “вещества” во Вселенной – не может не повлечь за собой ее исследование в контексте влияния и на пространство, и на время в самых глобальных масштабах. Взав на вооружение новейшие теории, ученые следуют общей парадигме современной физики, согласно которой и пространство, и время, и вещество во всех его проявлениях (барионное, темная материя и энергия) взаимосвязаны между собой. Темная энергия должна не только активно влиять на будущее нашей Вселенной, наряду с барионным и темным веществом, задавая ее глобальную динамику и геометрию, но, может быть, способна привести даже к переосмыслению некоторых фундаментальных физических понятий, одним из которых является “время”.

По мере развития науки время теряло свою универсальность. Оно перестало быть абсолютным, перестало быть симметричным, приведя ученых к проблеме “стрелы времени”, своего рода термодинамической характеристики Вселенной. Надо сказать, что привлечение различных раз-

делов физики к исследованию одной проблемы тоже является характерной особенностью современной науки. Так, космология впитала в себя не только астрофизику, но и физику элементарных частиц, и термодинамику, и другие разделы физики, находясь на стыке этих дисциплин и эффективно пользуясь их аппаратом.

При рассуждениях о физической природе времени высказывается даже такая радикальная концепция, согласно которой времени как фундаментального понятия вообще не существует и то, что мы воспринимаем как время, есть просто отражение связи между разными частями Вселенной. Время может терять даже свои основополагающие свойства – непрерывность и длительность. Другими словами, время может быть всего лишь неким производным свойством базовых составляющих нашего мира, одной из которых является темная энергия.

Разгадка природы времени может заключаться в концепции Мультимира, базирующейся на многомерной теории суперструн. Можно предположить, что наша Вселенная родилась как некая флуктуация повышенной плотности из пустого пространства, заполненного темной энергией. Наряду с нашей Вселенной возможно существование и многих других миров, со

своими наборами фундаментальных параметров и определяемым ими временем.

Как известно, все, что мы когда-либо сможем узнать об окружающем мире, ограничивается только нашей Вселенной, поскольку никакие сигналы не способны прийти к нам из причинно несвязанных с нами областей Мультимира. Тем не менее знание состава темной энергии позволит нам хотя бы теоретически представить себе, что же происходит в недоступных нам мирах. Кроме того, темная энергия поможет ответить на вопросы и о будущем нашей собственной Вселенной, в частности решить вопрос о “стреле времени”, объяснить энтропийные свойства нашей Вселенной, объяснить, почему время ведет себя так, а не иначе. Ведь в зависимости от свойств темной энергии время может даже течь в обратную сторону, как это происходит в некоторых “дочерних” вселенных Мультимира. Пока эти рассуждения представляют, конечно, больше теоретический интерес, но могут быть использованы для построения долгожданной единой теории.

На протяжении прошлого века такая молодая наука, как космология, претерпела множество изменений. Наше видение глобальной структуры пространства-времени несколько

раз было кардинально пересмотрено. От теории Ньютона с его абсолютизацией и независимостью пространства и времени ученые пришли к пониманию Вселенной как динамического, расширяющегося “объекта”. Концепция бесконечной, однородной и неподвижной Вселенной сменилась теорией Большого взрыва, а представление движения по инерции уступило место механизмам инфляции, источником которой является темная энергия.

В космологии, как и в любой другой науке, самое важное – это получить подтверждение теории наблюдениями и экспериментами. Важнейший успех в изучении темной энергии – именно наблюдательные подтверждения ее существования. Астрономы, в отличие от физиков-экспериментаторов, вынуждены проводить свои “опыты” на больших расстояниях, в подавляющем большинстве случаев не имея возможности повлиять на объекты своего опыта. Более того, большинство опытов неповторяемы.

Особо отметим наше везение: для своего возникновения и развития космология “выбрала” самый удачный момент в истории развития Вселенной. Так, наша Вселенная, наполненная галактиками и межзвездным веществом, еще не опустошенная ускоренным расширени-

ем, доступна исследованию астрономическими приборами. Сверхновые служат “маяками” на данном этапе эволюции Вселенной, давая нам четкую связь расстояний и звездных величин со стандартным энерговыделением. Диаграмма Хаббла, отражающая зависимость скорости этих источников от расстояния до них, характеризует динамику нашей Вселенной, выявляя отклонения от равномерного расширения. Совместно с изучением анизотропии

микроволнового реликтового излучения и крупномасштабной структуры пространства-времени удастся сделать неопровержимое заключение о существовании темной энергии. Реликтовое излучение – единственный свидетель ранних стадий жизни Вселенной – еще не успело рассеяться и ослабнуть от своего долгого путешествия настолько, чтобы стать недоступным приборам. В не таком уж и далеком по меркам Вселенной будущем это излучение

станет невозможно зарегистрировать.

Мы живем в золотой век космологии, и надо активно пользоваться его возможностями для изучения структуры и динамики Вселенной – ранней, современной и даже мира далекого будущего. У космологии остается еще много задач. Существование темной энергии сомнению не подлежит, и в целом ясна ее роль в развитии нашей Вселенной, но вопрос о природе этой энергии все еще остается открытым.

Информация

Необычная туманность

Планетарную туманность “Ожерелье” PN G054.2-03.4, находящуюся в созвездии Стрелы в 15 тыс. св. лет от нас, обнаружили в 2010 г. с помощью 2,54-м телескопа на Канарских островах. 2 июля 2011 г. КТХ получил ее изображение (см. стр. 2 обложки, внизу). Это светящийся остаток размером 8,8 св. лет ($8,3 \times 10^{13}$ км) от обычной солнцеподобной звезды. Туманность имеет форму вытянутого эллипса,

усеянного яркими плотными газопылевыми узлами, напоминающими алмазы в ожерелье. Скопления газа светятся под действием ультрафиолетовых лучей от звезд. Появление подобных структур объясняется ударными волнами, возникающими при столкновении разлетающегося горячего вещества от звезды с более холодным газом, выброшенным ранее. В центре “Ожерелья” расположена тесная двойная звездная система с периодом обращения вокруг общего центра масс менее суток. Общая масса выброшенного газа составила примерно $0,06 M_{\odot}$.

Туманность “Ожерелье” образовалась около 5 тыс.

лет назад и продолжает расширяться со скоростью 56 км/с. История ее рождения весьма любопытна. Примерно 10 тыс. лет назад одна из звезд двойной системы состарилась настолько, что ее раздувшаяся оболочка поглотила компаньона. Меньшая звезда продолжала вращаться по орбите уже внутри красного гиганта, увеличивая тем самым период вращения большей звезды вокруг собственной оси. Под влиянием центробежных сил часть газовой оболочки красного гиганта была выброшена и сформировала вытянутое кольцо.

Пресс-релиз NASA,
11 августа 2011 г.

Солнце в апреле – мае 2012 г.

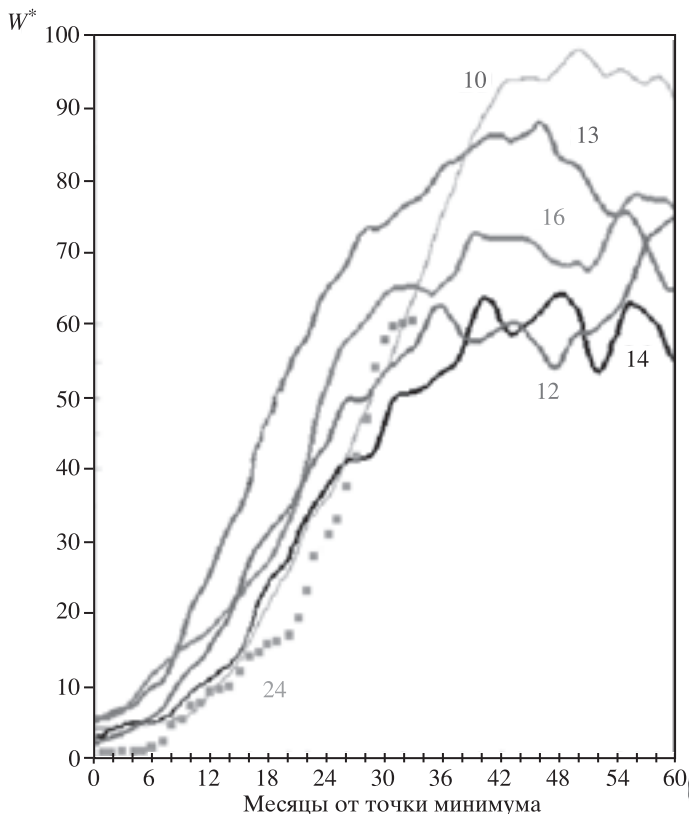
Солнечная активность в этот период оставалась на среднем уровне, иногда снижаясь до низкого, а в отдельные дни поднимаясь до высокого. Число групп пятен, в основном на видимом диске Солнца, менялось от 2 до 11. Всего же из 35 групп солнечных пятен 19 появились в Северном полушарии Солнца и 16 – в Южном. По темпу роста сглаженных за год значений относительного числа пятен Солнце, похоже, вошло в фазу максимума, который определяется как промежуток времени, когда сгла-

женное относительное число пятен изменяется в пределах 15% от максимального значения в текущем цикле.

Среднемесячные значения чисел Вольфа $W_{фев} = 55,2$ и $W_{март} = 69,0$. Сглаженное значение относительного числа солнечных пятен в октябре и ноябре 2011 г. составило $W^* = 59,9$ и $61,1$ соответственно. Ход развития текущего солнечного цикла определен как средней и небольшой активности.

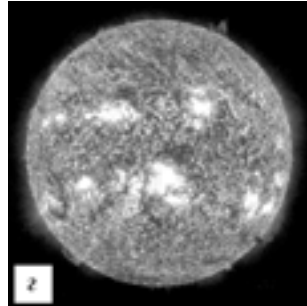
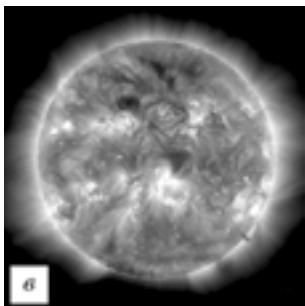
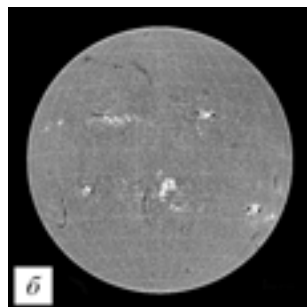
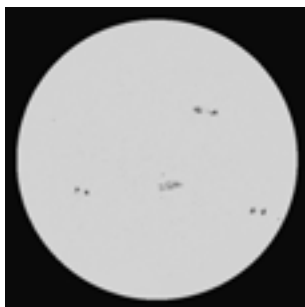
Апрель 2012 г. был спокойным месяцем, держалась умеренная пятнообразовательная активность Солнца. Низкий уровень отмечен 5–13 апреля, высокий – 19–22 апреля. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от двух до восьми групп солнечных пятен, среди которых две – среднего разме-

ра. Минимальное значение ежедневного относительного числа пятен отмечено 9 апреля ($W = 9$), максимальное – **20 апреля ($W = 108$)**. В Северном полушарии появилось 10 групп пятен, в Южном – 8. Вспышечная активность отмечена на среднем уровне только 16 и 27 апреля (обе вспышки в группах пятен Северного полушария), в остальные дни – на низком и очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон наблюдались 1, 16, 17 и 19 апреля. Коронोगрафы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 144 корональных выброса вещества разной интенсивности, среди которых 19 были типа “частичное гало II” (угол раствора $90^\circ - 180^\circ$). Геомагнитная обстановка весь месяц оставалась достаточно возмущенной: зарегистрировано три магнитные бури. Первая, малая магнитная буря произошла 12–13 апреля как следствие прохождения Землей высокоскоростного потока солнечного ветра от рекуррентной (повторяющейся) корональной дыры, а вторая, умеренная магнитная буря 23–24 апреля была вызвана возмущением от выброса большого солнечного волокна 19 апреля. Через 6 ч после ее окончания 24–26 апреля наблюдалась следующая малая магнитная буря, длившаяся 39 ч. В это время наша планета прошла высокоскоростной поток сол-



Ход развития (33 месяца) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.) циклов, начальная фаза развития. W^ – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.*

Солнце 21 апреля 2012 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4096 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета $Fe\ XII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г) в линии крайнего ультрафиолета $He\ II$ ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Космическая "Солнечная динамическая обсерватория", NASA (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).



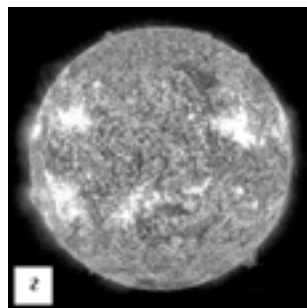
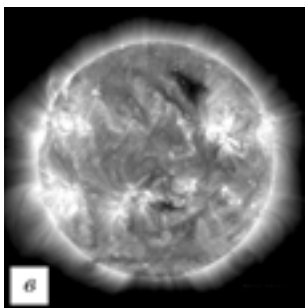
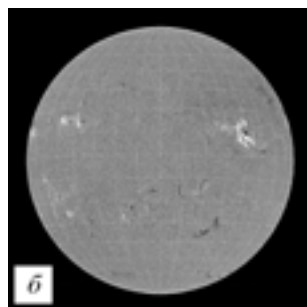
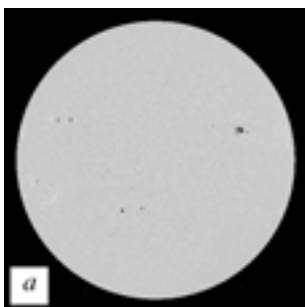
нечного ветра от следующей рекуррентной корональной дыры. На геостационарных орбитах 14–17 и 25–30 апреля отмечен очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МВ.

В мае 2012 г. пятнообразовательная активность устойчиво была на среднем уровне и только 14 мая на высоком. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от четырех до восьми групп пятен, из них одна – большая и две – среднего размера, все в Южном полушарии. В обоих полушариях за месяц появилось по десять групп пятен. За сутки максимальное наблюдаемое число солнечных пятен отмечено 14 мая ($W = 98$), минимальное – 30 мая ($W = 52$). 5 мая из-за восточ-

ного лимба Солнца появилась большая группа пятен на пике вспященной активности. Она произвела 5–10 мая пять вспышек среднего балла и 10 мая – высокого (рентгеновский балл M5.7). До

14 мая площадь этой активной области с большим числом пятен постепенно уменьшалась, как вдруг 15 мая она превратилась в небольшую группу: за одни сутки ее площадь уменьшилась на

Солнце 14 мая 2012 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4096 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета $Fe\ XII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г) в линии крайнего ультрафиолета $He\ II$ ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Космическая "Солнечная динамическая обсерватория", NASA (<http://www.solarmonitor.org/index.php>).



500 м.д.п. Возможно, реакцией на эту перестройку магнитного поля стала мощная протонная вспышка 17 мая (M5.1), после которой в околоземном космическом пространстве состоялось солнечное протонное событие средней мощности. Еще одно малое протонное событие отмечено 26 мая, его источником стала вспышка за западным лимбом Солнца. Ее сопровождали выброс коронального вещества крупного размера типа “гало” и всплески радиоизлучения II и IV типов, вызванные ударной волной и быстро распространяющимся облаком плазмы в короне Солнца. В остальные дни наблюдался низкий уро-

вень вспышечной активности. В мае выброшено десять солнечных волокон, причем три из них, 4 и 18 мая, были геоэффективными и вызвали в межпланетном пространстве две малые магнитные бури 8–9 и 22–23 мая. В обоих случаях высокоскоростные потоки солнечного ветра от корональных дыр внесли свой вклад в геомагнитные возмущения. Всего в мае на видимом диске наблюдалось прохождение пяти корональных дыр, не вызвавших значимых возмущений геомагнитного поля. Отмечено всего 4 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой, совпавших с днями, когда произошли малые магнитные бури. Коронографы космиче-

ской обсерватории “SOHO” зафиксировали более 100 юрональных выбросов вещества разной интенсивности, в том числе одно – типа “гало” и четыре – “частичное гало II”. На геостационарных орбитах 14 сут регистрировался очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН

НОВЫЕ КНИГИ

Космология как феномен культуры

Институт философии Российской академии наук выпустил сборник **“Космология, физика, культура”** под редакцией доктора философских наук В.В. Казютинского (М.: ИФРАН, 2011). Основу сборника составляет анализ развития науки космологии в контексте культуры. На его страницах прослеживается эволюция представлений об устройстве Вселенной от Коперника до современных космологических идей на фоне исторических и культурных процессов. В книге представлены новые методы космологии: математические гипотезы, концептуальные структуры, эмпирические обоснования. Авторы статей обсуждают проблемы “непостижимой эффективности математики” в космологии и применимости понятия пространства-времени в сверххраненной Вселенной. Рассмотрена



многомерность таких понятий культуры, как “мир”, “природа”, “бесконечность”, “эволюция” в их космологических аспектах. Большое внимание уделено мировоззренческим ориентирам в космологии.

Открывают сборник предисловие и статья В.В. Казютинского “Революции в космологии, их когнитивные и социокультурные аспекты”. В книге три раздела. В первый, *“Становление космологии в*

контексте культуры”, вошли статьи А.Н. Павленко “Античный космос и современная космология”, С.Н. Жарова и Н.А. Мещеряковой “Постигая гармонию звездного неба: космология и метафизика”, Л.Г. Антипенко “Хайдеггер и современная космология”. Во второй раздел, *“Основания физической космологии”*, включены статьи Е.А. Мамчур “Об эмпирическом обосновании современной космологии”, В.Д. Эрекаева “Онтология планковской космологии” и А.Д. Панова “Природа математики, космология и структура реальности”. Третий раздел, *“Ноо-космология – проблема науки и культуры в целом”*, занимает статья Ю.В. Черновицкой “Ноо-космология: социально-этические аспекты контакта с внеземными цивилизациями”. Каждая статья снабжена обстоятельными примечаниями.

Книга рассчитана на специалистов-космологов и людей, интересующихся новыми тенденциями в космологии и проблемой SETI.

Георгий Иванович Петров

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



Академик Георгий Иванович Петров (1912–1987).

31 мая 2012 г. исполнилось 100 лет со дня рождения академика Г.И. Петрова – выдающегося ученого-механика, Героя Социалистического Труда, основателя и первого директора Института космических исследований АН СССР (ныне ИКИ РАН). С его именем связаны крупные достижения советской ракетно-космической техники второй половины двадцатого столетия. Георгий Иванович стоял у истоков космической отрасли, развитие которой

стало возможным во многом благодаря его работам. Под его руководством проведены исследования по важнейшим направлениям: проблемам входа в атмосферу, тепловой защите спускаемых аппаратов и тепловым режимам пилотируемых и автоматических космических станций.

Георгий Иванович Петров родился 31 мая (18 мая по старому стилю) 1912 г. в г. Пинеге Архангельской губернии, в семье политических ссыльных – Ивана Михайловича и Анастасии Даниловны Петровых. Студента Московского Императорского университета (ныне МГУ им. М.В. Ломоносова) Ивана Петрова отправили на поселение в Пинегу за участие в волнениях студентов в 1910 г. Туда же сослали и Анастасию за организацию побега политзаключенных из Новинской женской тюрьмы. В 1913 г. семья переехала во Владимир, где мать работала акушеркой и медсестрой, а отец давал уроки. После февральской революции 1917 г. Георгий с матерью жили в Иваново-Вознесенске (ныне Иваново), родном городе отца. В 1919 г. И.М. Петров отбыл на Восточный фронт с отрядом М.В. Фрунзе, но в том же году умер. В 1928 г. Георгий окончил среднюю школу и стал работать на ткацкой фабрике, одновременно занимался на курсах подготовки в вуз и участвовал в работе местного аэроклуба.

В 1930 г. Георгий приехал в Москву и поступил на отделение механики физико-математического факультета МГУ (с 1933 г. механико-математический факультет), в 1932 г. продолжил

учебу на кафедре аэромеханики. В университете он организовал планерный кружок, познакомился в Осоавиахиме с будущим выдающимся авиаконструктором О.К. Антоновым. В 1934 г., еще студентом, Г.И. Петров начал научную работу в лаборатории ЦАГИ, которой руководил академик С.А. Чаплыгин. После окончания учебы в 1935 г. Георгий Иванович распределили в ЦАГИ, где он активно участвовал в теоретическом семинаре. К 1941 г. Г.И. Петров стал заместителем начальника лаборатории и начальником группы. Его научные интересы были связаны с проблемами аэродинамики и гидродинамики. В конце 1930-х гг. первая же публикация цикла работ стала впоследствии классикой теории гидродинамической устойчивости. Эти работы (по отзыву академика М.В. Келдыша, хранящемуся в Научно-мемориальном музее Н.Е. Жуковского в ЦАГИ) оказались интересны в существенно более широком круге вопросов и вызвали ряд других исследований в области устойчивости течений жидкости. Перед войной Г.И. Петров защитил кандидатскую диссертацию.

В годы Великой Отечественной войны Георгий Иванович занимался оборонной тематикой, тогда специалисты привлекались к испытаниям опытных или модифицируемых образцов самолетов и двигателей. В 1941–1942 гг. с частью лаборатории Летного исследовательского института (ЛИИ) Министерства авиационной промышленности и ЦАГИ Георгий Иванович работал над совершенствованием аэродинамических характеристик самолетов (в Жуковском, а также в Казани и Новосибирске, куда в начале войны были эвакуированы многие подразделения ЛИИ). Улучшенные по рекомендациям Г.И. Петрова выхлопные патрубки (их называли реактивными) стали применять на самолетах Як-3 и Ла-5, что позволило увеличить скорость этих истребителей, сыгравших важную роль в ходе войны. В 1942 г. Георгий Иванович вернулся в Москву, в ЦАГИ, где участвовал в испытаниях новой боевой техники.

В 1944–1952 гг. Г.И. Петров – начальник отдела филиала Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова. После войны инженеры и ученые Института приняли активное участие в работах над первым поколением турбореактивных двигателей. Георгий Иванович руководил исследованием проблемы эффективного торможения сверхзвукового потока во входных диффузорах воздушно-реактивных двигателей. В 1947 г. по предложенной им весьма эффективной методике изготовили регулируемые сопла ряда сверхзвуковых труб в нашей стране. В эти же годы он начал исследования взаимодействия ударных волн с вязким пограничным слоем, в результате которых открыл фундаментальный закон о предельном перепаде давления в скачке, выдерживаемом пограничным слоем без его отрыва, как функции числа Маха набегающего потока. В 1949 г. за цикл исследований по данной тематике Г.И. Петров был удостоен Сталинской (Государственной) премии первой степени (за те же работы в 1961 г. ему и его сотрудникам присуждена премия им. Н.Е. Жуковского). В 1950 г. он защитил докторскую диссертацию.

В 1953 г. Георгий Иванович возглавил газодинамическую лабораторию № 4 НИИ-1 (НИИ тепловых процессов, сейчас Исследовательский центр им. М.В. Келдыша), в ее состав входили три отдела и несколько лабораторий. В 1946–1961 гг. заместителем директора и научным руководителем Института оставался академик М.В. Келдыш (впоследствии его именем назван НИИ), в 1961–1966 гг. на этом посту его сменил Г.И. Петров. В тот же период он был фактическим научным руководителем отдела аэродинамики (лабораторий общей аэродинамики, нестационарной аэродинамики, газовой динамики, кинетики газов) Института механики МГУ. НИИ-1 стал научно-исследовательской базой разработок ракетно-космической техники Главного конструктора академика С.П. Королёва. Георгий Иванович возглавил исследования по тепловой защите –

проблемам сверхзвукового обтекания, теплообмена и тепловой защите тел, движущихся в атмосфере с большими сверхзвуковыми скоростями. В лаборатории № 4 была создана не имевшая аналогов экспериментальная база: гиперзвуковые аэродинамические трубы, баллистические стенды для изучения обтекания свободно летящих тел, установки для высокотемпературных исследований образцов теплозащитных материалов, газодинамические установки со специально разработанными электродуговыми нагревателями большой мощности и другие. Полученные под научным руководством Г.И. Петрова фундаментальные результаты экспериментальных и теоретических исследований были использованы при разработке методов тепловой защиты возвращаемых головных частей ракет и спускаемых аппаратов космических кораблей. Именно в это время Г.И. Петров заинтересовался входом в атмосферу малых тел Солнечной системы – единственным природным явлением, связанным с движением тел в атмосфере Земли со сверхзвуковыми скоростями.

Расцвет научной деятельности Георгия Ивановича пришелся на вторую половину прошлого века – время, когда создавался ракетно-ядерный щит страны, разрабатывалась ракетная техника и начиналось освоение космоса. В начале 1950-х гг. наиболее сложной проблемой стала тепловая защита головных частей баллистических ракет дальнего действия для доставки ядерных зарядов, входящих в атмосферу, на межконтинентальные расстояния. Деятельность Георгия Ивановича в этом направлении из-за секретности не получила в свое время освещения в научной литературе. Г.И. Петров внес значительный вклад в создание научных основ при решении этой комплексной научно-технической проблемы. Его работы сыграли важную роль в достижении ядерного паритета в развернувшейся в послевоенные годы холодной войне. Часть их удалось рассекретить и издать лишь к его 80-летию, в 1992 г. Исследования Г.И. Петрова, вместе с



Портрет Г.И. Петрова и титульный лист его сборника "Избранные труды. Аэромеханика больших скоростей и космические исследования" под редакцией Ю.В. Чудецкого (М.: Наука, 1992).

С.П. Королёвым и М.В. Келдышем стоявшего у истоков космонавтики, нашли широкое применение и принесли ему заслуженное признание.

В 1953 г. Г.И. Петрова избрали членом-корреспондентом, а в 1958 г., по представлению академиков М.В. Келдыша и С.П. Королёва, – действительным членом Академии наук СССР.

В 1950-х гг. в ОКБ-1 под руководством С.П. Королёва создавались ракеты дальнего действия Р-5 и Р-7. В этот период Георгий Иванович работал уже в ОКБ-1 официальным научным руководителем по вопросам теплообмена и теплозащиты космических аппаратов. При расчете толщины лобовой теплозащиты использовались экспериментальные данные. Г.И. Петров неоднократно присутствовал при запусках ракет, спутников и космических кораблей, а в дальнейшем – и приземлении космических аппаратов, участвовал в экспертизах ряда важнейших объектов ракетно-космической техники. За работу по ракетной тематике Г.И. Петрова наградили Орденом Ленина (1956) и Орденом Трудового Красного Знамени (1957).



Академики М.В. Келдыш, Б.Н. Петров, Г.И. Петров и космонавт Г.С. Титов на совещании по проблемам космонавтики в Президиуме Академии наук СССР. 1966 г.

Позднее, когда началась подготовка к запуску в космос человека, проблема защиты от перегрева и разрушения возвращаемых с орбиты аппаратов приобрела особое значение. 19 августа 1960 г. благополучно возвратились из космоса на втором корабле-спутнике собаки Белка и Стрелка благодаря идеальной теплозащите спускаемого аппарата. Роль тепловой защиты в обеспечении безопасного пилотируемого полета первого космонавта Ю.А. Гагарина невозможно переоценить. В 1961 г. за достижения в развитии ракетной промышленности, науки и техники и успешное осуществление первого в мире полета человека в космос на КК "Восток" Георгию Ивановичу присвоили звание Героя Социалистического Труда.

В течение жизни Г.И. Петров работал в различных научных организациях, не теряя творческих связей со своими учениками и коллегами, которых привлекал к решению возникающих проблем. В 1966 г. президент АН СССР академик М.В. Келдыш предложил Георгию Ивановичу возглавить зарождавшийся тогда в системе АН СССР Институт космических исследований, перед которым ставилась задача исследовать физику космического пространства с помощью космических аппаратов. М.В. Келдыш хорошо знал

Г.И. Петрова, их связывали общность творческих интересов и долгие годы совместной работы в ЦАГИ, а затем в НИИ-1. Очевидно, он учитывал богатый научный опыт Георгия Ивановича в создании космической техники и его высокую эрудицию, способствующую осуществлению научных задач, поставленных перед Институтом. Должность директора академического института в СССР была номенклатурной, кандидатуры согласовывались в ЦК КПСС, и Г.И. Петрова пригласили для беседы. В качестве неременного условия для избрания директором ему предложили вступить в члены КПСС. Георгий Иванович отказался, так как искренне считал, что для претендента на директорский пост в первую очередь нужны знания, высокая квалификация, опыт профессиональной работы и научный авторитет, а не членство в партии. М.В. Келдышу стоило больших усилий загладить этот инцидент. Так начался новый этап научной деятельности Г.И. Петрова.

Институт космических исследований АН СССР был создан на основании Постановления Совета Министров СССР от 15 мая 1965 г. как "головной академический институт по исследованию и использованию космического пространства в интересах фундаментальных наук". В 1965–1973 гг. Георгий Иванович возглавлял Институт, а в 1973–1987 гг. – заведовал отделом космической газодинамики. Под его руководством Институт стал признанным лидером в изучении околоземного космического пространства, планет Солнечной системы и межпланетной среды. Создавая "костяк" Института и стараясь охватить как можно более широкий спектр разделов науки о космосе, Г.И. Петров пригласил для работы многих известных ученых из ведущих научных центров страны. В Институте создавалась и развивалась вычислительная база для обработки научной информации, закупились все более быстродействующие машины. К середине 1970-х гг. завершилось строительство контрольно-испытательной и лабораторно-испытательной станций.

Институт сформировал свои подразделения на космодромах. Для организации и участия в испытаниях научной аппаратуры перед запуском космических аппаратов Институту было подчинено Особое конструкторское бюро в г. Фрунзе – мощная организация со своим опытным производством.

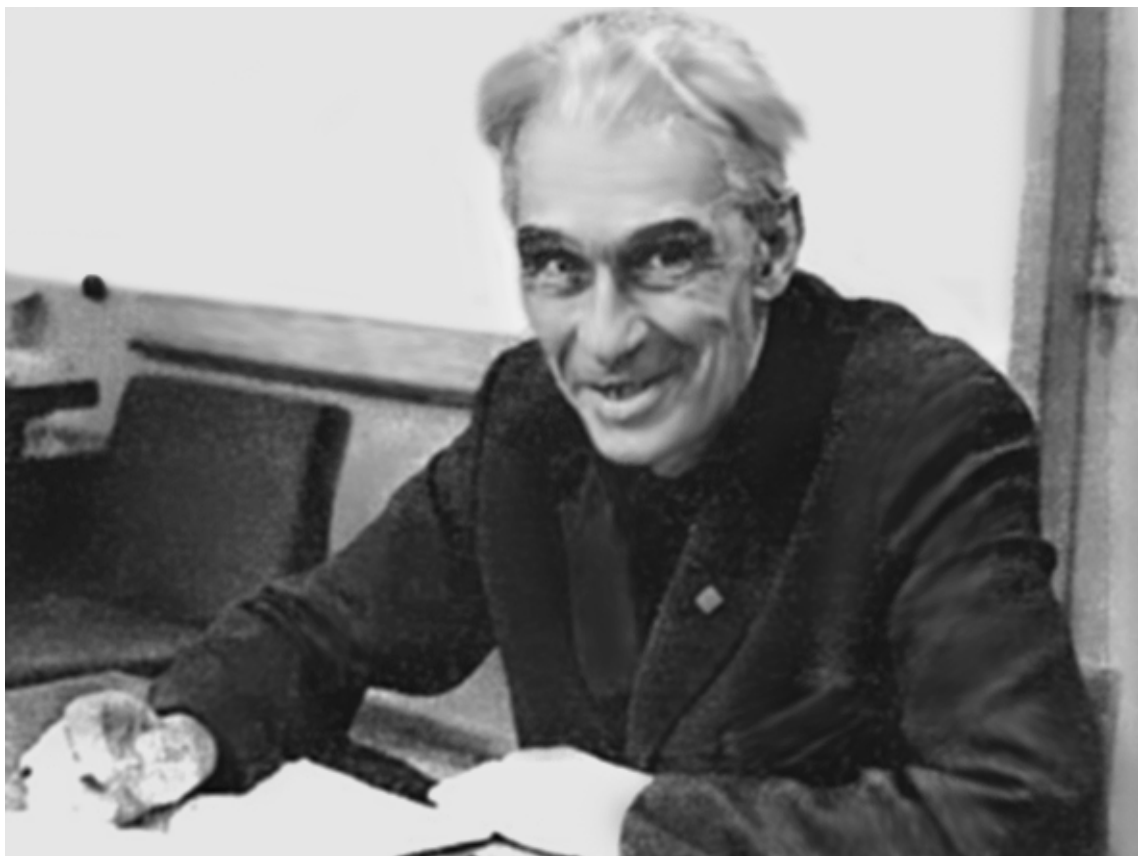
Георгий Иванович мог взяться за решение многих неординарных вопросов, критически осмысливая предложения и разработки ученых-физиков с учетом реальных возможностей и перспектив развития космических технологий. При его непосредственном участии реализовались научные программы по изучению Луны, Венеры и Марса. Он возглавлял Научный совет Академии наук СССР по проблемам Луны и планет, активно участвовал в формировании программы исследований различных тел Солнечной системы. В 1970–1986 гг. выполнено 10 успешных посадок на Венеру спускаемых аппаратов, оснащенных теплозащитным покрытием. Вклад Г.И. Петрова, его сотрудников и учеников в решение проблемы теплозащиты огромен. Благодаря усилиям Георгия Ивановича большое развитие получила программа исследования околоземного космического пространства в рамках многоцелевых программ “Космос” и “Интеркосмос”, которые проводились с помощью относительно небольших аппаратов на унифицированных платформах. В апреле 1972 г. стартовал первый научный ИСЗ серии “Прогноз”, что положило начало детальному изучению магнитосферы Земли и солнечно-земных связей. К этому же периоду относится начало работ по дистанционному зондированию Земли из космоса практически во всех спектральных интервалах – от ультрафиолетового до микроволнового. В 1971 г. Г.И. Петрова наградили орденом Трудового Красного Знамени “за большие заслуги в развитии советской науки и техники, внедрение результатов исследований в народное хозяйство”, а в 1979 г. удостоили Государственной премии СССР.

Георгий Иванович развивал разные направления науки о космосе. Боль-



На XII Генеральной ассамблее Международной астрономической федерации. Вновь принятые члены МАФ сотрудники ИКИ О.А. Вайсберг, В.Г. Курт, Г.А. Скуридин (2-й, 4-й и 5-й слева), академики Г.И. Петров и В.А. Котельников (1-й и 3-й справа). Прага. 1967 г.

шое внимание уделял разделу космонавтики, одним из основателей которого был сам, – космической газовой динамике, а также принимал деятельное участие в становлении новой научной дисциплины – физики и механики невесомости. Большой научный резонанс получила оригинальная идея ученого о механизме торможения крупных метеоритов малой плотности при входе их в атмосферу планет, связанный с быстрым нестационарным отходом головной ударной волны от обтекаемого тела. Г.И. Петров предложил одну из гипотез Тунгусского явления 1908 г., которая до сих пор обсуждается в мировой научной литературе. Глубокий интерес Георгий Иванович проявлял к другому аспекту столкновений космических тел – проблеме образования и эволюции кратеров на поверхности Луны и планет земной группы. Он исходил из того, что понимание закономерностей образования и дальнейшего разрушения таких кратеров позволит судить о временной эволюции потоков метеорных тел в Солнечной системе, начиная с ранней стадии ее формирования. Под руководством Георгия Ивановича успешно проводились масштабные исследования, связанные с численным моделированием



Директор Института космических исследований Г.И. Петров в своем кабинете. 1971 г.

таких процессов. Экспериментальные исследования межпланетной плазмы потребовали развития теоретических моделей, адекватно описывающих физические процессы, происходящие при обтекании Земли и планет солнечным ветром, образовании в межпланетной среде ударных волн. Благодаря его таланту выдающегося аэромеханика получил развитие такой раздел науки, как космическая газовая динамика. Г.И. Петров основал свою научную школу по космической аэродинамике. Многие его ученики стали докторами наук, членами РАН и других академий, сами создали свои научные школы.

Г.И. Петров – автор нескольких монографий, в том числе “О распространении колебаний в вязкой жидкости и возникновении турбулентности”.

Большое внимание Г.И. Петров уделял и педагогической работе. В 1955–1987 гг. он возглавлял кафедру аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ. Тематика кафедры фактически отражала направления его всеохватной деятельности – от теории гидродинамической устойчивости до космической газовой динамики. Он любил своих студентов, отдавал много сил воспитанию молодого поколения ученых. В одном из выступлений перед ними он сказал: *“Дорогие ребята! С накоплением ваших знаний в области математики и механики у вас должно появиться более поводов для удивления, если вы внимательны к миру, в котором живете. Не теряйте способности удивляться. Человек, ничему не удив-*

ляющийся, — это тупой человек, он не может быть счастлив. Кроме того, надо уметь работать и развивать в себе привычку работать. Ни при каких обстоятельствах не поступайте элементарной порядочностью, чем бы это вам ни грозило в данный момент. И тогда вы не потеряете счастья, которого я вам очень желаю". Перед студентами и аспирантами он ставил довольно трудные фундаментальные проблемы, предоставляя свободу творчества при их решении. При этом как руководитель всегда поддерживал те, по его мнению, перспективные направления исследований, которые инициировались его учениками. Он был одним из первых ученых-механиков, оценивших важную роль ЭВМ в развитии науки, в численном моделировании явлений природы. Г.И. Петров организовал и в течение трех десятилетий руководил научным семинаром в Вычислительном центре МГУ.

Г.И. Петров был основателем и более 20 лет главным редактором журнала "Известия АН СССР. Механика жидкости и газа". При нем сильно расширилась тематика журнала, появились работы по численным расчетам течений газов и плазмы с учетом химических реакций и электромагнитных полей, первые публикации по космической газовой динамике. Он отдавал много сил формированию современного облика издания, способствовал широкому доступу для публикации в нем научных достижений известных ученых и молодых научных работников из всех регионов нашей страны и зарубежья. Очень скоро журнал стал ведущим в своей области отечественным научным периодическим изданием и завоевал авторитет за рубежом.

Г.И. Петров, проявляя исключительную корректность и демократизм в научной полемике, оставался абсолютно равнодушным к направленным лично против него выпадам недругов. Он вел непримиримую борьбу за чистоту науки, за освобождение от случайных и наносящих ей вред людей. Бойцовский характер Г.И. Петрова в отстаивании научных и жизненных принципов уди-

вительным образом сочетался в нем с добротой, самоиронией, великодушным отношением к оппонентам.

В равной мере Георгию Ивановичу были присущи качества как теоретика, так и экспериментатора. Не одно поколение ученых воспитали организованные и руководимые им семинары и конференции в Научно-исследовательском институте тепловых процессов, Институте механики МГУ, ИКИ РАН, семинары по гидромеханике и тепломассообмену в невесомости в Институте проблем механики РАН и Институте механики сплошных сред РАН (Пермь), зимняя школа НЕЗАТЕГИУС (аббревиатура от "Нелинейные Задачи Теории Гидродинамической Устойчивости"). Большая часть полученных Г.И. Петровым, его учениками и последователями результатов выдержала испытание временем и сохранила свое значение до наших дней. Свыше 30 лет Г.И. Петров возглавлял кафедру аэромеханики и газовой динамики на механико-математическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова.

Г.И. Петров скончался 13 мая 1987 г. после тяжелой продолжительной болезни, похоронен в Москве на Кунцевском кладбище.

100-летие первого директора ИКИ РАН отмечалось в ИКИ РАН и в тех организациях, где он когда-то работал. Этому событию была посвящена международная конференция "Гидроаэродинамика и космические исследования", проходившая 30–31 мая 2012 г. в ИКИ РАН и Институте проблем механики. На заседаниях конференции выступили с научными сообщениями ученики Георгия Ивановича и его коллеги, которые развивают научные направления, основанные им. На зимней школе НЕЗАТЕГИУС (ныне Международная конференция) прошло награждение медалью и премией им. академика Г.И. Петрова за выдающиеся работы в области теории гидродинамической устойчивости и турбулентности. В 2012 г. при входе на кафедру аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета МГУ установлена мемориальная доска.

НОВЫЕ КНИГИ

К юбилею первого директора ИКИ РАН

В 2012 г. Институт космических исследований издал сборник **“Георгий Иванович Петров. 100 лет со дня рождения”** (составители Н.М. Астафьева и К.В. Краснобаев), в котором представлена научная биография академика Г.И. Петрова. Впервые опубликованы результаты фундаментальных и прикладных исследований Г.И. Петрова в области ракетно-космической техники. Вступление написано директором ИКИ РАН академиком Л.М. Зелёным, предисловие – академиком Н.А. Анфимовым, учеником Г.И. Петрова.



В книге три главы. Первая, *“Самолеты, ракеты и проблема входа в атмосферу”*, рассказывает о начале многогранной научной деятельности ученого – работе в ЦАГИ, Летном исследовательском институте, Центральном институте авиационного моторостроения и НИИ тепловых процессов. Во второй, *“Московский государственный университет: кафедра, студенты, семинары”*, описана педагогическая работа Георгия

Ивановича – преподавание на кафедре аэромеханики и газовой динамики МГУ, руководство газодинамической лабораторией НИИ тепловых процессов и ИКИ АН СССР, ведение в нем семинара для аспирантов и сотрудников. Третья, *“Институт космических исследований: объединить космическую науку и технику”*, раскрывает научные направления в Институте, которые создавал и развивал Г.И. Петров, содержание космических программ, в которых он участвовал. В конце книги представлены перечень научных трудов и статей Г.И. Петрова, библиография, основные даты жизни и деятельности академика, именной указатель.

Книга хорошо иллюстрирована и предназначена для всех интересующихся историей отечественной науки и техники.

Информация

Тайна сверхновой

Изучив в 2011 г. данные, полученные с помощью космических обсерваторий “ХММ-Newton”, “Чандра”, КТХ и наземного телескопа “Gemini”, ученые прояснили природу вспышки сверхновой типа Ia, породившей остаток SNR 0509-67.5 в соседней галактике Большое Магелланово Облако на

расстоянии более 170 тыс. св. лет от нас.

Сейчас считается, что вспышки сверхновых подобного типа происходят в двойных звездных системах из-за перетекания вещества с нормальной звезды на белый карлик. В какой-то момент масса карлика становится больше критической и происходит мгновенное выделение энергии, сравнимое со свечением целой галактики. При этом нормальная звезда остается по-прежнему в центре остатка. Однако самый тщательный анализ снимков остатка SNR 0509-67.5 не позволил найти эту звезду. Астрономы пришли к выводу, что

в данном случае причиной взрыва стал другой предполагаемый механизм вспышек сверхновых – слияние двух белых карликов в двойной системе. Скомбинировав снимки в видимом и рентгеновском диапазонах (см. стр. 3 обложки) по свету, отражающемуся от окружающего межзвездного газопылевого облака, удалось выяснить, что взрыв произошел 400 лет назад. Сейчас диаметр остатка сверхновой SNR 0509-67.5 около 23 св. лет и расширяется со скоростью 5 тыс. км/с.

Пресс-релиз NASA,
12 января 2012 г.

Анатолий Витальевич Дьяков

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



А.В. Дьяков – начальник метеослужбы Горной Шории. Вторая половина 1940-х гг.

В 1940-е гг. группа советских астрофизиков под руководством профессора М.С. Эйгенсона исследовала связь солнечных явлений с погодой. Главная задача – предсказание наступления помех для радиосвязи (время было воен-

ное), но вместе с тем ученые пытались решать проблему прогноза погоды на основе анализа солнечного излучения и наблюдений за активными областями на Солнце (пятнами, вспышками и выбросами). Работа ученых оказалась настолько успешной, что позволила в 1949 г. известному астроному Ф.Ю. Зигелю сделать весьма оптимистичное заявление: *“...в ближайшее время станет возможным осуществление полноценных долгосрочных прогнозов погоды!”*

Долгосрочные прогнозы погоды действительно появились! Но не в рамках системы Госгидромета, ведающей прогнозами погоды в масштабах страны, а в рамках маленькой ведомственной метеостанции, на которой трудился астроном-метеоролог Анатолий Витальевич Дьяков (1911–1985).

Родился А.В. Дьяков 7 ноября 1911 г. в селе Омельник Онуфриевского района Кировоградской области на Украине. Родители его работали в школе, отец был завучем, мать преподавала французский. В 1924 г. семья Дьяковых переехала в областной центр. Там Анатолий поступил в профессионально-техническую школу (ставшую позднее первым индустриальным техникумом). От учителя физики А. Дьяков узнал о существовании в Ленинграде общества РОЛМ (Русское общество любителей мироведения) и отослал туда результаты своих исследований метеоритов. Спустя месяц он получил

кипу свежей астрономической литературы, инструкций для наблюдений Солнца, метеоров и переменных звезд, а также журнал “Мироведение”.

Теперь результаты своих наблюдений юный астроном ежемесячно отсылал в РОЛМ. Осенью 1925 г. Анатолий увидел плоды своих наблюдений солнечной активности опубликованными на страницах журнала “Мироведение”, а свою фамилию – в списке корреспондентов Бюро научных наблюдений РОЛМ. Некоторое время спустя в бюллетене РОЛМ были опубликованы результаты его наблюдений метеорного потока Персеиды. Заведующий метеорным отделом АН СССР Леонид Алексеевич Кулик в письме А. Дьякову высоко оценил его работу, закончив письмо фразой: *“Надеюсь на дальнейшее Ваше сотрудничество...”*

С 1 октября 1928 г. началась студенческая жизнь Анатолия, длившаяся шесть лет в двух университетах: Одесском (1928–1932) и Московском (1933–1934). В Одессе ему удалось получить серьезную подготовку по общей физике, математике, теоретической механике, астрономии, геофизике и метеорологии. Будучи еще студентом, он участвовал в качестве гида-переводчика во Всесоюзном съезде физиков в Одессе, состоявшемся 20 августа – 1 сентября 1930 г. Вот как А. Дьяков вспоминает об этом: *“Готовились к съезду весьма тщательно, так как кроме широко известных физиков Советского Союза: А.Ф. Иоффе, Я.И. Френкеля, И.Е. Тамма и других, на съезд ждали приезда многих выдающихся зарубежных физиков: из Германии, Франции, Швейцарии. Прибыли: немцы Вольфганг Паули, Арнольд Зоммерфельд, Рамзауэр, Симон, Баркгаузен; французы Р. Мени, Вюрмзер, Одюбер; из Швейцарии (Цюриха) Фридрих Гаутерманс. Организационный Комитет съезда поручил мне, вместе с рядом других студентов, выполнять работу гида – встречать почетных гостей на вокзале, в морском порту, а затем сопровождать их в по-*

ходах и экскурсиях по городу, в магазинах и пр. Дело было в том, что еще с детства, а затем и в школьные годы, я хорошо усвоил французский язык, который стал для меня как бы вторым родным языком...”

Приехавшего в Одессу талантливого швейцарского физика Ф. Гаутерманса А. Дьяков знакомил с городом. Анатолий Витальевич показывал наиболее примечательные места. Во время экскурсии они обсуждали вопросы закономерностей, подчиняющиеся внутриатомным ядерным силам, пытались наметить пути, ведущие к освобождению неисчерпаемых источников энергии атомного ядра. Это казалось тогда даже крупным ученым чистойшей фантазией и вздором. Разумеется, такое тесное, непосредственное общение с великими физиками, их простота и открытость, атмосфера доверия, знакомство с новейшими научными открытиями и гипотезами, оказали на молодого человека глубокое влияние.

В конце 1930 г. директор Одесской астрономической обсерватории профессор А.Я. Орлов предложил студенту третьего курса А. Дьякову поступить к нему в обсерваторию на штатное место ассистента-вычислителя. Работа предоставлялась на самых льготных условиях: так как вычисления относились к особо трудоемким, рабочий день длился только 4 ч, и можно было приходить в свободные от лекций часы. Анатолия прикрепили к старшему астроному обсерватории – профессору Н.М. Михальскому, который занимался исследованиями орбит “троянец” – семейства астероидов, расположенных вблизи орбиты Юпитера (Приам, Эней, Патрокл, Троил, Гектор и др.). Все расчеты они проделывали с Н.М. Михальским “в две руки”. Тогда еще не существовало электронно-вычислительных машин, использовали только таблицы логарифмов и механические арифмометры “Феликс” и “Брунсвич”. Результаты их вычислений были опубликованы в “Известиях АН СССР” в № 9,



Анатолий Дьяков – студент Одесского университета. Июль 1930 г.

1933 г. (серия физико-математических и естественных наук).

В декабре 1931 г. А.Я. Орлов, имевший большой авторитет в ученом мире за рубежом, предложил А. Дьякову поддержать его кандидатуру по избранию в число действительных членов Французского астрономического общества. Анатолий отправил в Париж соответствующие документы: письмо в Совет французского астрономического общества с изложением своих биографических данных, рекомендацию А.Я. Орлова, описание выполненных работ по астрономии, научных интересов, планов намеченных исследований. Основным поручителем стал один из крупнейших французских астрономов, исследователь комет и метеоров Фернанд Бальдэ, хорошо знавший профессора А.Я. Орлова. В мае 1932 г. А.В. Дьяков получил из Парижа объемистый пакет с документами об избрании его на заседании 2 марта 1932 г. в аудитории им. Р. Декарта в Сорбонне

в число действительных членов Французского астрономического общества.

В январе 1933 г. Анатолий Витальевич покинул свою альма-матер – Одесский университет, отправившись на работу в Ташкентскую астрономическую обсерваторию. Его вдова, Нина Григорьевна, рассказывает: *“...в тридцать втором году Толя окончил Одесский университет и получил назначение в Ташкент, в астрономическую обсерваторию. Там посчитал, что ему не хватает математических знаний, и решил уехать в Москву. Приехал, поступил в МГУ, на третий курс, и однажды прочитал друзьям-студентам свой ташкентский дневник, где он описал весь кошмар строящегося в стране “палочного социализма” – так он его называл. Ну, и “наступали” на него. Пришли – он не запирался, показал дневник. Хорошо еще, к следователю такому попал... повстречался ему добрый майор НКВД, который не стал “делать врага” из Дьякова, а решил просто “вправить мозги” студенту. Направил своего арестанта вместо Колымы на Кузнецкстрой, напугав: “на счет знания языков не распространяйся очень-то, а то как бы тебя, чудака, какой-нибудь сверхбдительный служака не начал разрабатывать как шпиона”...*

Один год А.В. Дьяков оставался на общих работах – строили железную дорогу в Горной Шории (Кемеровская область). Стройка нуждалась в метеорологическом обеспечении, а официальная метеослужба отказалась давать прогноз из-за полной неисследованности местности в климатическом отношении. Тогда руководство Горношорского лагеря создало свою сеть метеостанций вдоль трассы. А Дьякову поручили заняться метеорологией...

Когда он свой срок – три года (1935–1938) – отбыл, поехал в Москву искать себе пристанище. Но узнал, что если кто по 58-й статье освободился, того нигде не пропишут. И вернулся обратно. Снова метеорологом работать



Метеостанция А.В. Дьякова в поселке Темиртау (Кемеровская область). Начало 1950-х гг.

стал. И так 50 лет ровно наблюдал за погодой”.

К делу он подошел основательно. Уже “вооруженный” идеями члена-корреспондента Петербургской академии наук А.В. Клоссовского, председателя метеорологической комиссии Императорского русского географического общества доктора А.И. Воейкова и других корифеев науки XIX в., он штудирует все новейшие публикации по метеорологии. В ряду других “попалась” ему интереснейшая статья Элеоноры Севериновны Лир, которая, рассмотрев синоптические карты за 50 лет, разработала типы сезонной циркуляции и доказала, что всякому атмосферному потоку сопутствует встречный, текущий слева от него. Под влиянием “старых” идей и новейших публикаций у Анатолия Витальевича возникла гипотеза об

усилении циркуляции воздуха под действием скачков солнечной активности. С этой точки зрения движение мощных встречных холодного и теплого потоков представилось двумя сторонами одного глобального процесса...

В 1938 г. он обнаружил систематическое появление потоков тропического воздуха над территорией Западной Сибири спустя три-четыре дня после кульминации активной области на Солнце. При этой ситуации температура воздуха над Западной Сибирью повышалась на несколько градусов (нередко на 10–15), что, как правило, сопровождалось увеличением осадков, штормовыми ветрами, снежными буранами в зимнее время, грозами и ливневыми дождями летом. В эти же периоды компенсационные течения воздуха, возникающие, согласно теории Э.С. Лир, над европейской территорией страны, обуславливают полярные вторжения, то есть волны холода. *“Вообще в атмосфере Земли существуют так называемые взаимно противоположные области, – писал Анатолий Витальевич. – Так вот,*

зоны над Европейской территорией СССР и над Западной Сибирью – Северным Казахстаном как раз противоположны друг другу по характеру происходящих в них погодных процессов”.

В 1950 г. А.В. Дьяков первый раз рассказал о своей работе в отделе климатологии Главной геофизической обсерватории в Ленинграде, после того как станция Горной Шории была передана в систему Гидрометслужбы. Его поддержали, но доклад опубликовать не смогли. Через год Анатолий Витальевич выступил на семинаре в Центральном институте прогнозов (ныне Гидрометцентр). Мнение слушателей семинара разделилось, верх взял скептицизм. Тогда Анатолий Витальевич предложил соревноваться. Вернувшись домой, он стал давать прогнозы по своему методу, которые оказались более достоверными, чем прогнозы Новосибирского управления Гидрометслужбы. Управлению это не понравилось, А.В. Дьякову предложили молчать, но он отказался. Тогда ему объявили выговор. Он продолжал давать прогнозы по своему методу. Тогда начальник Новосибирского управления уволил Анатолия Витальевича с работы приказом от 25 июня 1952 г. за “нарушение трудовой дисциплины”. После вмешательства Новосибирского обкома партии и Главного управления Гидрометслужбы его восстановили на работе с понижением в должности – назначили техником. А потом эту единицу... сократили. Пять лет он был безработным. На жизнь зарабатывал, фотографируя сельчан. Но при этом свои исследования не бросил, прогнозы продолжал составлять и отправлять потребителям... Лишь в 1958 г. Анатолий Витальевич вновь стал начальником метеостанции, которая опять перешла в ведение Кузнецкого металлургического комбината.

К 1954 г. он написал и представил в АН СССР работу “О предвидении погоды на длительные сроки по методу энергетической климатологии”. Дирек-

тор Львовской астрономической обсерватории Морис Семенович Эйгенсон, в 1938–1951 гг. заведовавший отделом Службы Солнца Пулковской обсерватории, лучше других знал эту проблему. И он первым из рецензентов дал этому труду положительный отзыв. Свое мнение он изложил в письме к ученому секретарю президиума Академии наук СССР: *“Работу А.В. Дьякова считаю исключительно интересной и важной. Тов. Дьяков действительно прокладывает совершенно новые пути в службе долгосрочных прогнозов, используя, как он вполне справедливо пишет, забытые и непонятные гениальные идеи А.И. Воейкова и Э.С. Лир, а также некоторые достижения гелиофизики. Судя по имеющимся официальным отзывам, Дьяков получил выдающиеся практические результаты, применяя разработанные им основы новой комплексной методики. Совершенно согласен с мнением тов. Дьякова, что Академия наук СССР, как высший орган советской науки, обязана до конца разобраться в этом деле”*.

В том далеком 1954 г. Академия наук своего мнения не высказала... У представителей же мировой науки отношение к работам А.В. Дьякова было исключительно положительное. В 1959 г. Анатолию Витальевичу пришло письмо от президента Всемирной метеорологической организации А. Вио: *“Я прочел с большим интересом ваше сообщение на X Конгрессе МАС в 1958 г. в Москве, о связях активности Солнца с процессами в тропосфере, и, если вы будете делать доклад в Париже Французскому астрономическому обществу, я с удовольствием попрошу моих сотрудников принять в обсуждении ваших предложений участие в официальном порядке”*.

В апреле 1959 г. на страницах французского журнала “Астрономия” появился текст сообщения А.В. Дьякова, сделанного на X Конгрессе Международного астрономического союза. Вскоре после этого он получил письмо

от астронома Парижской обсерватории Генерального секретаря МАС Жана-Клода Пекера. Отправитель письма высказывал сожаление, что болезнь не позволила ему присутствовать на конгрессе, но что он с удовольствием познакомился с содержанием его выступления в журнале: *“...не стоит и говорить, что я целиком согласен с вами в вопросе важности связей между активностью Солнца и атмосферными явлениями. Вне всякого сомнения, метеорология не должна больше рассматривать атмосферу, как изолированную систему...”*

Кроме наблюдений Солнца – а это десятки тысяч точных, скрупулезно точных копий пятен на конкретную дату, Анатолий Витальевич собрал и изучил таблицы образования солнечных пятен за десятки лет. Запрошены и систематизированы данные многолетних наблюдений на метеостанциях Сибири, Арктики, Дальнего Востока за поведением атмосферы. Из старых журналов и газет он выписал сведения о наводнениях, ураганах, необычайно сильных снегопадах, морозах, терзавших планету в прошлые века. А.В. Дьяков собрал со всего мира и обобщил колоссальный материал синоптических наблюдений и наблюдений за Солнцем, свел воедино многие идеи и гипотезы известных ученых, и разработал оригинальную теорию и комплексную методику прогнозирования погоды.

Важную роль в создании этой методики сыграло открытие ученого-синоптика Л.Г. Данилова, который еще в 1926 г. описал его в небольшой книжке под названием “Волны погоды”. Несколько необычный для метеорологов термин автор употребил, чтобы обозначить случайно подмеченное явление – самопроизвольное колебание атмосферного давления с периодом 18–25 сут. В 1931 г. существование таких волн (затухающие колебания атмосферного давления) подтвердил немецкий синоптик В. Швердфегер. Известно, что без притока энергии из-



А.В. Дьяков. Темиртау, Кемеровская область. 1954 г.

вне такие самопроизвольные колебания должны затухать. Если же подталкивать “воздушные качели” в такт с их собственным периодом, раскачивание вследствие резонанса приведет к штормам, тайфунам, ураганам, наводнениям. Ведь при резонансе энергия “переливается” от внешнего источника в колебательную систему, побуждая ее “идти вразнос”. На Солнце как раз есть активные зоны – генераторы энергии, которые на фоне общего постоянного излучения время от времени посылают добавочные импульсы сверх нормы. Деятельности активных зон неизменно сопутствует изменение площади солнечных пятен. Просмотрев синоптические данные за много лет, Анатолий Витальевич обнаружил, что максимумы площадей пятен повторяются в среднем через 18–22 сут. С таким периодом и происходят колебания энергии солнечной активности, а значит,



А.В. Дьяков во время астрономических наблюдений. Конец 1950-х гг.

и порывы солнечного ветра. Но и период ранее замеченных самопроизвольных волн давления в земной атмосфере составлял те же 18–25 сут! Напрашивалась мысль: нижние слои воздуха представляют открытую колебательную систему, которая находится на грани неустойчивости. Поэтому достаточно небольших, но сделанных в “такт” внешних толчков, чтобы энергия воздушных потоков резко возросла. Более или менее систематическое раскачивание может не только породить в атмосферном резонаторе штормы, тайфуны, ураганы, но и усилить противоположные явления: засухи летом и морозы зимой.

Общая магнитная индукция изменяется на Солнце соответственно изменениям площади пятен. Разрастание пятен (“холодных” участков), словно по контрасту, вызывает увеличение

напряженности магнитного поля активных областей Солнца. По закону Фарадея, это ведет к увеличению выброса заряженных частиц из короны светила, а через несколько дней избыточные порции солнечных корпускул подлетают к Земле. Эти “осколки солнечной материи” отдают свою энергию верхним слоям атмосферы и подогревают их. У полярной шапки возникает высотный вихрь-антициклон – область повышенного давления. С нее воздух начинает стекать вниз, в тропосферу, двигаясь с северо-востока, он вторгается в Европу. Такую модель воздействия солнечного ветра на земную атмосферу А.В. Дьяков построил задолго до начала космической эры! Данные измерений, полученных первыми искусственными спутниками и межпланетными станциями, полностью подтвердили его предположения. Спутниковые исследования показали также, что в результате внедрения в области полярных шапок нашей планеты корпускулярных потоков солнечного ветра происходит весьма значительный разогрев верхних слоев атмосферы и

вспучивание изобарических поверхностей на уровне стратосферы и выше. В результате формируются высотные антициклоны, обуславливающие появление северо-восточных потоков в области северной полярной шапки и юго-восточных в антарктической зоне.

Северо-восточное течение вокруг полярной шапки постепенно опускается к югу и вниз, в тропосферу, захватывая европейский север России и Скандинавию. Исследуя вопрос о физических причинах отклонения этого течения влево и вниз, к земной поверхности, Анатолий Витальевич пришел к выводу, что вызывается оно электродинамическими силами, появляющимися, согласно закону Ампера, в результате взаимодействия данного потока воздуха, ионизованного солнечной плазмой, с геомагнитным полем, которое такой поток должен пересекать. Тогда компенсационный (тропический) поток воздуха, с юго-запада на северо-восток, также должен отклоняться влево, но уже к северу и вверх, подчиняясь закону Ампера. Это и наблюдалось в действительности систематически, что подтверждали исследования, проводившиеся А.В. Дьяковым в течение многих лет. В результате такого взаимодействия главных потоков воздуха – полярного и тропического – с геомагнитным полем происходит их сближение, что ведет к усилению процессов глобальной турбулентности, к обострению фронтальных процессов и значительному углублению циклонов. *“Следует заметить, – отмечал А.В. Дьяков, – что необычная и стойкая жара, отсутствие дождей связаны как с максимумом, так и с минимумом солнечной активности. Только районы засушливой погоды бывают разные. А когда светило “не впадает в крайности”, для сельского хозяйства выдается, как правило, благоприятный год”.*

В 1959–1961 гг. АМС “Луна-1”, “Луна-2” и “Венера-1” выполнили первые прямые измерения солнечного ветра. Полученные данные подтвердили идеи

Анатолия Витальевича! В 1963 г. он уже с полной уверенностью опубликовал в журнале “Астрономия” Французского астрономического общества свою теорию резонанса погоды. Благодаря использованию обнаруженных им закономерностей удавалось составлять прогнозы погоды на длительные сроки, вплоть до сезонов (трех месяцев) с небывало высокой точностью – в пределах 80–95%. Эти прогнозы использовали Министерства сельского хозяйства СССР и РСФСР, а также почти во всех областях Северного Казахстана и Западной Сибири, европейской территории страны... Применяя его методику, можно было предвидеть и общий характер погоды на тот или иной год. *“Разумеется, какую бы методику про-*



А.В. Дьяков возле старой астрономической обсерватории (пристройка к его дому). Кемеровская область, 1984 г.



Современный вид заброшенной астрономической обсерватории А.В. Дьякова на горе Улу-Даг. 2005 г.

гнозирования мы ни приняли, – сказал в 1973 г. А.В. Дьяков, – с течением времени она должна совершенствоваться. Однако независимо от этого значительно более точно прогнозировать погоду на достаточно длительные сроки можно уже сегодня”.

По рекомендациям Пулковской обсерватории и Главного управления Гидрометслужбы А.В. Дьяков участвовал в проектах Международного геофизического года (1957–1958) и Международного года спокойного Солнца (1964–1965).

Упорный и успешный труд Анатолия Витальевича долгие годы “официальная метеослужба” отвергала. В результате за тридцать лет (1942–1971) в вопросах долгосрочных прогнозов Гидрометслужба несколько не продвину-

лась. Например, в 1971 г. оправдались семь месячных прогнозов из двенадцати – это всего лишь 58% достоверности! Все же в 1972 г., после жесточайшей засухи на европейской территории России, которую предсказал А.В. Дьяков, правительство страны дало указание чиновникам метеорологии обратить внимание на его работы. В том же году проведено первое Всесоюзное совещание по солнечно-земным связям, а Анатолия Витальевича наградили Орденом Красного Знамени... “за заслуги в увеличении производства зерна”. В принятом на совещании решении отмечалось, что “исследования по проблеме “Солнце – атмосфера”, ведущиеся, к сожалению, вне Гидрометслужбы страны и Академии наук, позволяют считать доказанным

наличие существенного влияния солнечной активности и других космическо-геофизических факторов на атмосферные процессы". В этом документе даны принципиальные рекомендации: "Расширить фронт исследований по изучению влияния комплекса космических и геофизических факторов на атмосферные процессы и погоду и считать проблему "Солнце – нижняя атмосфера" одной из важнейших проблем, стоящих перед Гидрометслужбой". К сожалению, эти рекомендации остались на бумаге, в практической работе Гидрометслужбы никаких изменений не произошло. По-прежнему за долгосрочными прогнозами погоды капитаны кораблей, председатели колхозов, секретари обкомов и министры обращались к А.В. Дьякову! Его прогнозами пользовались не только в нашей стране, но и за рубежом. Анатолий Витальевич заблаговременно посылал десятки телеграмм-предупреждений о метеорологических аномалиях, катастрофах, надвигающихся на Европу, Азию, Атлантику, на страны Тихоокеанского бассейна. Всякий раз его прогноз подтверждался полностью...

15 февраля 1985 г. А.В. Дьякова не стало. "Хоронили его в мороз, – рассказывала Нина Григорьевна, – народу было много, из Кемерово, из Новокузнецка приехали. Пронесли его по Центральной улице, мимо рудоуправления и так, на руках, до самых могилки,

даже на машину гроб не ставили. Он, правда, просил похоронить его не там, а на вершине горы, возле обсерватории, но кто же разрешит? Да и нет уж теперь этой обсерватории..." В настоящее время гелиометеорологическая обсерватория Анатолия Витальевича разрушена, а его методика и научные труды почти полностью утеряны.

Сейчас появились новые данные и знания о конкретных формах воздействия солнечного ветра на атмосферу Земли, но прогнозы погоды не становятся точнее. А.В. Дьяков еще 50 лет назад говорил, что в метеорологии проблемой является не недостаток информации о состоянии атмосферы, а методика освоения этих сведений, умение сделать правильные аналитические выводы, выявить главные факторы, формирующие погоду. У Анатолия Витальевича не было современных знаний и обширной информации о состоянии атмосферы, но он давал верные прогнозы. А сегодня специалисты, обладающие подробной информацией об атмосфере, дать точных прогнозов пока не могут!

*А.П. КИСТЕРСКИЙ,
научный сотрудник
Ю.А. НЕФЕДЬЕВ,*

*доктор физико-математических наук
Астрономическая обсерватория
им. В.П. Энгельгардта (Казань)*

Форум планетариев

6–7 апреля 2012 г. в Ярославле в Культурно-просветительском центре (КПЦ) им. В.В. Терешковой состоялась Международная конференция “**Планетарий XXI века**”. Она была приурочена к годовщине работы Центра, включающего современный классический планетарий, обсерваторию, музей освоения космоса и другие площадки для досуговой и просветительной деятельности. Знаменательно, что эта Конференция проведена в год юбилея первой женщины-космонавта Валентины Владимировны Терешковой. Организаторы Конференции – “Культурно-просветительский центр им. В.В. Терешковой”, Ассоциация планетариев России, ООО “Свенсонс – проектная компания”, компания “Карл Цейс АО”. Цель Конференции – показать, что планетарий – это мощный, современный и интересный информационно-познавательный комплекс для популяризации естественнонаучных знаний. В ее задачи вошли демонстрация потенциала планетариев в

современных российских условиях и особенности их технического оснащения, знакомство участников со структурой современных планетариев на примере Центра.

Конференция создала условия для творческого сотрудничества работников планетариев России, Белоруссии, Казахстана и Германии. Почетными го-

стями были космонавты Ю.В. Лончаков, В.И. Токарев и З. Йен (Германия). В ее работе приняли участие представители планетариев разных городов: Актобе (Казахстан), Барнаул, Брянск, Владимир, Гамбург и Йена (Германия), Иркутск, Калуга, Киров, Кострома, Лыткарино (Московская обл.), Москва,



Президент Ассоциации планетариев России академик А.М. Черепашук и сопредседатель Астрономического общества доктор физико-математических наук Н.Н. Самусь.



Представители планетариев городов России в Центре им. В.В. Терешковой: С.Ю. Масликов (Новосибирск), О.В. Молева, Е.Ю. Засыпкина (Нижний Новгород), С.Ю. Сахарова (Кострома), У.С. Авдеенко (Нижний Новгород), Г.И. Шкловская (Барнаул), С.Е. Куликова, И.А. Евсевьева (Кострома), Н.В. Голубева, М.Н. Казанцева (Лыткарино).

Нижний Новгород, Новосибирск, Рязань, Самара, Санкт-Петербург, Смоленск, Томск, Туапсе, Череповец, Ярославль. На ней выступили ученые и педагоги ГАИШ МГУ, ИНАСАН, Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина, Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова, Ярославского технического и педагогического университетов. Также присутствовали представители администраций городов России, творческая интеллигенция, представители предприятий, средств массо-

вой информации и общественных организаций, учащиеся вузов.

Первое заседание Конференции открыл Президент Ассоциации планетариев России академик **А.М. Черпащук**. Он пожелал участникам мероприятия плодотворной работы и подчеркнул: *“Астрономия – это не только фундаментальная наука, но и область культуры, она определяет мировоззрение и уровень культуры человека. В настоящее время во всем мире возрастает интерес к астрономии, уделяется большое внимание ее популяризации,*

совершенствованию астрономического образования. Астрономическое образование способствует привлечению талантливой молодежи в естественные и технические науки, развивает творческие способности подрастающего поколения”. Президент Международного общества планетариев **Т. Краупе** (Германия) представил доклад о планетарии в Гамбурге, работающем в формате 3D, и проинформировал присутствующих об основных тенденциях развития планетариев мира. Сопредседатель “Астрономического общества”



Группа участников Конференции знакомится с работами летчика-космонавта СССР С.К. Крикалёва "Страны мира из космоса" на обходной галерее Центра им. В.В. Терешковой.

доктор физико-математических наук **Н.Н. Самусь** рассмотрел роль планетариев в астрономическом образовании с точки зрения астрономов-профессионалов. Он обратил внимание на следующие факты: многие астрономы-профессионалы пришли в науку через кружки при планетариях; роль планетариев возрастает из-за невозможности видеть звездное небо в условиях больших городов и отсутствия астрономии как обязательного предмета в школе; вне крупных центров астрономической науки планетарии должны активнее приглашать профессиональных астрономов из других городов к выездной лекционной деятельности; только общими усилиями мы сохраним астрономию как образовательный

предмет, без которого невозможно составить адекватное представление о мире в целом.

Доктор физико-математических наук **А.В. Багров** (ИНАСАН) указал условия, при которых планетарий может исполнять роль авторитетного наставника в мировоззрении и проводника национальных интересов в массовом сознании. Ученый подчеркнул: *"Специальное финансирование планетариев – переход экономики на путь использования высоких технологий – должен опираться на высокий уровень образования населения, на понимание состояния и перспектив современной науки; кружковая работа в них должна строиться как мировоззренческая школа с научным подходом к актуальным вопросам*

жизни; научный консультант планетария должен иметь возможность отвечать на вопросы граждан по личным или телефонным обращениям в обозначенное во всех афишах время".

Директор Новосибирского планетария **С.Ю. Масликов** представил доклад об учреждении дополнительного образования детей, открывшемся в День российской науки 8 февраля 2012 г. В новом планетарии Новосибирска есть астрономическая обсерватория, он оборудован тремя учебными аудиториями для занятий по астрономии, физике и техническому моделированию.

О новых открытиях в Солнечной системе, Галактике и Метагалактике рассказали доктора физико-математических наук **Д.З. Вибе** (ИНАСАН), **С.Б. Попов** (ГАИШ МГУ) и академик **А.М. Черпацук** (директор ГАИШ МГУ).

На Конференции были освещены основные направления работы планетария в сотрудничестве с образовательными учреждениями, отмечена их роль в астрономическом образовании с точки зрения астрономов-профессионалов, активно обсуждался вопрос применения современных интерактивных музейных технологий в сфере образования и культуры; обращалось внимание на зарубежный и российский опыт

проектирования и строительства современных планетариев. Компания “Карл Цейс” продемонстрировала возможности современного специализированного проекционного оборудования для планетариев и создания собственных полнопольных программ.

Участники Конференции глубоко убеждены в необходимости сохранения и совершенствования формы работы “Трибуны ученого” в планетарии как способа общения ученых и населения и источника получения достоверной информации о последних достижениях в науке. Во время Конференции работали выставки “Страны мира из космоса” (автор – летчик-космонавт СССР и России С.К. Крикалёв) и “Паруса звездного ветра” (автор – фотохудожник Ю.В. Гилёв).

Участники Конференции почтили память **Ефрема Павловича Левитана** (12 июля 1934 г. – 31 марта 2012 г.). Вся жизнь Е.П. Левитана была неразрывно связана с астрономией, большая ее часть – с Московским планетарием. Ефрем Павлович принимал самое активное участие в его жизни, в работе Ученого совета. Именно на его лекции стремились привести своих учеников московские учителя. Методические пособия и комплекты слайдов к лекциям для самых юных посетителей Планетария “Астрономия для детей”



Летчик-космонавт Ю.В. Лончаков и заместитель президента фонда им В.В. Терешковой Е.А. Терешкова (Москва) на Международной конференции “Планетарий XXI века” в Центре им. В.В. Терешковой.

и “Космонавтика для детей” остаются востребованными в отечественных планетариях до сих пор.

По итогам Конференции принята резолюция о расширении сети планетариев России для воспитания интеллектуальных кадров со стойкой жизненной позицией.

Резолюция Международной конференции “Планетарий XXI века”

6–7 апреля 2012 г. в Культурно-просветительском центре им. В.В. Терешковой Ярославля состоялась Международная конференция “Планетарий XXI века”. В Конференции приняли участие работники планетариев России, Бе-

лоруссии, Казахстана, Германии, летчики-космонавты, ученые. Конференция приурочена к годовщине работы Культурно-просветительского центра, включающего современный планетарий, обсерваторию, музей освоения космоса и другие интересные объекты.

Участникам Конференции были продемонстрированы технические и функциональные возможности Культурно-просветительского Центра им. В.В. Терешковой как мультифункционального комплекса. Комплексный подход в оснащении планетариев способствует успешному развитию основной деятельности планетария, обеспечивает возможность создания образо-



Участники Международной конференции “Планетарий XXI века” в фойе Центра им. В.В. Терешковой. В первом ряду: А.В. Лобанов (Москва), Э.Я. Медведева (Самара), В.И. Плакида (Москва), З. Йен (Германия), И.Н. Трофилева (Ярославль), А.М. Черепашук (Москва), Г.И. Шкловская (Барнаул), С.Ю. Сахарова (Кострома), У.С. Авдеенко (Нижний Новгород), Л.А. Панина (Москва).

вательных и просветительских программ, а также расширяет сферу деятельности планетария. Отмечено, что планетарий в XXI в. должен быть мультифункциональным комплексом.

Заслушав и обсудив выступления, участники Конференции отметили, что планетарий – это мощный, современный и интересный информационно-познавательный комплекс для популяризации естественнонаучных знаний. Подчеркнуто, что планетарий – важное явление в мировой истории и культуре.

Участники с сожалением отметили падение уровня естествен-

нонаучного образования в стране, что негативно сказывается на реализации отечественных космических программ и Стратегии инновационного развития России. Представляется важным создание культурно-просветительских и образовательных центров во всех крупных городах Российской Федерации.

Астрономия – это не только фундаментальная наука, но и область культуры, она определяет мировоззрение и уровень культуры человека. В настоящее время во всем мире возрастает интерес к астрономии, уделяется большое внимание ее популяриза-

ции, совершенствованию астрономического образования. Астрономическое образование способствует привлечению талантливой молодежи в естественные и технические науки, развивает творческие способности подрастающего поколения.

Участники Конференции приняли решение направить утвержденную на ней Резолюцию Президенту РФ, Председателю Правительства РФ, в Министерство культуры, в Министерство образования и науки, Главам администраций регионов Российской Федерации с призывом обратить внимание на проблему

падения уровня естественнонаучных знаний у населения страны и оказывать содействие в создании планетариев, культурно-просветительских и образовательных центров, способствовать развитию астрономического, аэрокосмического и естественнонаучного образования населения страны с целью воспитания интеллектуальных кадров со стойкой жизненной позицией, способных обеспечить прогресс нашей страны и всего человечества. Необходимо восстановить преподавание предмета "астрономия" как обязательного в старших классах школ России, а также восстановить кафедры астрономии в педагогических университетах для подготовки учителей астрономии.

Отсутствие предмета "астрономия" в школах страны, проложившей дорогу в космос, – непатриотично.

Летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза, первая в мире женщина-космонавт, депутат Государственной Думы РФ В.В. Терешкова.

Летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза А.А. Леонов.

Летчик-космонавт, Герой Советского Союза, Герой РФ, начальник Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина С.К. Крикалёв.

Летчик-космонавт РФ, Герой РФ, командир отряда космонавтов Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина Ю.В. Лончаков.

Директор ГАИШ МГУ, член МАС и ЕАО, заместитель Председателя Ученого совета Московского планетария, Президент Ассоциации планетариев России академик А.М. Черепашук.

Ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН, член МАС и ЕАО, сопредседатель Международной общественной организации "Астрономическое общество" доктор физико-математических наук Н.Н. Самусь.

Ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН доктор физико-математических наук А.В. Багров.

Член правления Ассоциации планетариев России, директор Барнаульского

планетария, заслуженный работник культуры РФ Г.И. Шкловская.

Директор астрономической обсерватории Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина кандидат технических наук А.К. Муртазов.

Член правления Ассоциации планетариев России, директор Костромского планетария С.Ю. Сахарова.

Директор Культурно-просветительского центра им. В.В. Терешковой Ярославля И.Н. Трофилева.

7 апреля 2012 г.

Материалы Международной конференции размещены на сайте:

<http://www.yarplaneta.ru/>

И.Н. ТРОФИЛЕВА,
директор КПЦ им.

В.В. Терешковой

Е.Н. ТИХОМИРОВА,

ведущий методист КПЦ

им. В.В. Терешковой

Н.И. ПЕРОВ,

кандидат физико-математических наук,

заместитель директора

по науке КПЦ им. В.В. Терешковой

решковой

Фото А.А. Попова

Дни открытых дверей в Звенигородской и Пушчинской обсерваториях

В 2009 г., после проведения по всему миру многочисленных акций в рамках Международного года астрономии, начался новый этап массовых астрономических мероприятий (Земля и Вселенная, 2010, № 4). Тогда впервые прошли Дни открытых дверей в Пушчинской радиоастрономической и Звенигородской обсерваториях, акции “100 часов ГАИШ”, “100 часов астрономии” и “тротуарной астрономии” во многих городах нашей страны. Возможность посмотреть в профессиональный телескоп или посетить обсерваторию быстро приобрела колоссальную популярность, поэтому решено Дни открытых дверей в обсерваториях сделать традиционными и не ограничиваться одним только Международным годом астрономии.

Необходимость этого назрела давно. В 2008/09 учебном году астрономия в качестве отдельного предмета изъята из учебных программ средней школы. Между тем интерес людей к наблю-

дению звездного неба, астрономии и космонавтике не снижается. Этим часто пользуются пропагандисты эзотерических учений. Свой вклад в дезинформацию публики вносят и журналисты, в погоне за сенсацией, не всегда добросовестно подбирающие материал для своих публикаций. Поэтому очень важно, что теперь рядовые граждане могут посетить научные учреждения, где из первых рук получают в популярной форме самые необходимые сведения о Космосе. Интересующиеся узнают о проблемах, над решением которых бьются ученые в настоящий момент. Только так можно противодействовать антинаучному информационному потоку и способствовать распространению достоверных знаний о мире.

Обычно Дни открытых дверей были исключительной прерогативой учебных заведений, которые проводили их в рамках кампании по новому набору. Научные учреждения этим заня-

лись впервые, и их опыт оказался успешным.

В 2009 г. Звенигородская обсерватория отпраздновала полувековой юбилей. Ее организация связана с созданием в 1956–1957 гг. сети станций для наблюдения ИСЗ. Сейчас обсерватория стала научной и учебно-методической базой Института астрономии РАН. Главные направления работы обсерватории:

- исследования малых тел естественного происхождения, орбиты которых сближаются с орбитой Земли, их связей с процессами, происходящими в Солнечной системе;

- позиционные и фотометрические наблюдения ИСЗ и фрагментов космического мусора;

- исследования комет;
- космическая геодинамика;

- разработка методов обработки астрономических данных.

Основной и самый крупный и мощный инструмент обсерватории – уникальная спутниковая

камера ВАУ (высокоточная астрономическая установка) с главным зеркалом диаметром 1,07 м ($F = 0,7$ м). Специально для нее построили павильон оригинальной конструкции и поставили камеру ВАУ на трехосную монтировку, позволявшую проводить высокоточные позиционные наблюдения спутников на низких и геостационарных орбитах. Модернизация ВАУ заключалась в установке на ней телескопа "Сантел-500" и высокочувствительной ПЗС-камеры (3056×3056 пикселей) с полем зрения $1,7^\circ \times 1,7^\circ$. Несмотря на скромные размеры зеркала (всего 0,5 м), эта камера позволяет наблюдать околоземные объекты до 18^m . В другой башне смонтировали телескоп Цейс-600 с зеркалом диаметром 0,6 м ($F = 7,5$ м). Вместо окуляра за главным зеркалом смонтирован цифровой приемник излучения, в котором и формируется сигнал от наблюдаемых телескопом объектов. В результате глубокой модернизации, проведенной силами сотрудников обсерватории, телескоп полностью автоматизирован. Он оснащен спектрометром для исследования небесных объектов диапазоном 400 – 800 нм. В каскадном фокусе телескопа установили ПЗС-камеру со светофильтрами для астрометрических и фотометрических исследований малых тел Сол-



Камера ВАУ с телескопом "Сантел-500" и высокочувствительной ПЗС-камерой Звенигородской обсерватории. 12 декабря 2010 г. Фото В.А. Ромейко.

нечной системы. Кроме того, есть астрограф Цейсс-400 с зеркалом диаметром 0,4 м ($F = 2,0$ м), с его помощью получена огромная фототека с изображением различных небесных тел – стеклянная библиотека пластинок Звенигородской обсерватории (Земля и

Вселенная, 2010, № 5). В отдельном павильоне, который назвали кунст-камерой, собрано несколько инструментов, которые почти не используются. Тем не менее недавно из этого арсенала воспользовались камерой SBG Karl Zeiss с высокой подвижностью для



Здание Звенигородской обсерватории, в которой установлена камера ВАУ. 1 апреля 2012 г. Фото В.И. Щивьёва.

наблюдения за спутниками, которую тоже автоматизировали. Лазерный дальномер, установленный в этом павильоне, для своего времени обладал высокой точностью: на расстоянии 1000 км погрешность не превышала ± 10 см. Камерами АФУ-75 для наблюдений за спутниками в 1960-е гг. оснастили около 80 наблюдательных станций Астросовета АН СССР (ныне ИНАСАН), расположенных в разных странах мира.

17 апреля 1999 г. в Звенигородской обсерватории ИНАСАН состо-

ялся первый в России астрономический фестиваль “Астрофест”, на котором присутствовало 80 любителей астрономии и телескопостроения из разных городов России (Земля и Вселенная, 2008, № 5). “Астрофест” предназначался для обмена опытом среди любителей астрономии и их сотрудничества с профессионалами, в то время как День открытых дверей проводился, чтобы заинтересовать астрономией широкие слои населения. Именно на эту цель ориентирована просветительская

деятельность ИНАСАН, ГАИШ МГУ, других научных учреждений и планетариев.

Впервые День открытых дверей в Звенигородской обсерватории состоялся 24–27 сентября 2009 г. Люди приезжали в основном из окрестных поселков и звенигородских школ, а также из Москвы и даже Ногинска. Вначале присутствовало на сеансе примерно по 20–30 человек, а в выходные дни число посетителей резко возросло до двухсот человек. Причем приехали не только детские группы,



Здание Звенигородской обсерватории. В ее башне расположен телескоп Цейсс-600. 1 апреля 2012 г. Фото В.И. Щивьёва.

но и студенты МГТУ им. Баумана, успевшие побывать в ГАИШ МГУ и Пушино. Эта акция освещалась даже в центральных СМИ, включая телевидение. В 2010 г. Дни открытых дверей Звенигородская обсерватория проводила 21 и 22 августа. Благодаря объявлениям в местной печати за два дня на обсерватории побывало около двухсот человек – в основном жители окрестных поселков и отдыхающие дачники. 9–10 апреля и 17–18 сентября 2011 г. прошли очередные Дни открытых дверей. Вес-

ной гостями обсерватории стали около 130 человек, но, к сожалению, из-за плохой погоды наблюдения звездного неба не удалось. Осенью за два дня на обсерватории побывало более 300 человек, причем некоторые приезжали дважды. Посетила обсерваторию группа из Московского городского Дворца детского (юношеского) творчества во главе с известным путешественником и исследователем явления В.А. Ромейко.

31 марта и 1 апреля 2012 г. в пятый раз про-

шел День открытых дверей в Звенигородской обсерватории, ее посетило около 200 человек. Приезжали семьями, несмотря на то что погода не подходила для наблюдений. Важно, что люди хотели познакомиться с обсерваторией и посмотреть, как работают профессиональные ученые. Хорошо была проведена организационная работа: разъяснялось расположение обсерватории, на Астрофоруме (<http://www.astronomy.ru/forum/index.php>) публиковались программа мероприятия и возможности обсервато-



Экскурсия в павильоне Звенигородской обсерватории, где установлена камера для наблюдения за спутниками SBG Karl Zeiss. 1 апреля 2012 г. Фото М.Б. Ивания.

рии, сеансы проведения экскурсий, карта проезда, расписание электричек и автобусов.

С 2009 г. Пущинская радиоастрономическая обсерватория Астрокосмического центра Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (ПРАО АКЦ ФИАН) два раза в год открывает свои двери, чтобы приобщить как можно больше людей к астрономии. Тогда в рамках Международного года астрономии за одну неделю обсерваторию посетило более тысячи человек, причем примерно 2/3 из них были жители г. Пущино. С тех пор мероприятие стало

традиционным и приурочено к Дню космонавтики и Дню рождения обсерватории – 11 апреля 1956 г. и летом – к 12 августа, когда можно наблюдать максимум метеорного потока Персеид.

Пущинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН – одно из крупнейших астрономических учреждений России. Поскольку она является "правопреемником" первого в стране сектора радиоастрономии, лаборатории колебаний и крымских экспедиций ФИАН, то ее можно считать старейшим научным учреждением России, за-

нимающимся радиоастрономией.

Днем рождения самой обсерватории принято считать 11 апреля 1956 г., когда было подписано Распоряжение Совета Министров СССР, разрешающее Академии наук СССР построить в Серпуховском районе здание радиоастрономической станции ФИАН и установить на этой станции радиотелескоп. Обсерватория была первым научным учреждением в наукограде Пущине, расположенном в Южном Подмоскowie. Однако этому событию предшествовало десятилетие зарождения и становления

отечественной радиоастрономии, колыбелью которой по праву считается ФИАН. Так, еще в 1946 г. академик В.Л. Гинзбург предсказал, что радиодиаметр Солнца на метровых волнах должен заметно превосходить размеры его оптического диска, и уже в 1947 г. экспедиция к берегам Бразилии для наблюдений полного солнечного затмения, организованная по инициативе академика Н.Д. Папалекси, блестяще подтвердила это предсказание.

С 1948 г. сотрудники лаборатории колебаний ФИАН организуют несколько постоянно действующих экспедиций в Крым, где сооружают первые отечественные радиотелескопы и получают первые блестящие результаты, например такие, как открытие свержкороны Солнца и обнаружение поляризации радиоизлучения Крабовидной туманности. Здесь под руководством доктора физико-математических наук С.Э. Хайкина и доктора физико-математических наук В.В. Виткевича формируется коллектив радиоастрономов ФИАН первого поколения. Именно этот коллектив под руководством В.В. Виткевича создал в 1956 г. Радиоастрономическую станцию Физического института им. П.Н. Лебедева – РАС ФИАН. В 1990 г. она вошла в состав Астрокосмического центра ФИАН (составной частью



Участники экскурсии по Звенигородской обсерватории возле бинокляра БМТ-110. 1 апреля 2012 г. Фото М.Б. Иवानя.



Во время наблюдений Солнца в Звенигородской обсерватории. 1 апреля 2012 г. Фото М.Б. Иवानя.



*День открытых дверей в Пуштинской радиоастрономической обсерватории 14 апреля 2012 г.
Фото И.П. Второва.*

которого стал также один из бывших отделов Института космических исследований). В 1996 г. Пуштинскую радиоастрономическую станцию переименовали в обсерваторию – ПРАО АКЦ ФИАН.

Обсерваторией получено четыре свидетельства о научных открытиях: обнаружение радиоизлучения короны Солнца в метровом диапазоне, открытие свехкороны Солнца, обнаружение радиальной структуры у нее, обнаружение рекомбинационных радиолиний. Ее сотрудники четырежды отмечались Государственными премиями, два сотрудника обсерватории были удостоены звания “Заслуженный деятель науки”, ими написаны сотни научных публикаций, защищены

десятки научных диссертаций.

Основные направления научных исследований:

– радиоизлучение галактик и квазаров;

– физика нейтронных звезд-пульсаров;

– пульсарная радиоастрометрия, пульсарная шкала времени;

– физика межзвездной среды, межпланетной плазмы, солнечного ветра;

– спектральная радиоастрономия, исследования космических мазеров;

– низкочастотные обзоры неба;

– детектирование частиц предельно высоких энергий радиометодами;

– радиоинтерферометрия, проект “Радиоастрон”.

За время существования обсерватории на ней построено и работают

несколько радиоастрономических инструментов мирового класса. Основу экспериментальной базы обсерватории составляют три радиотелескопа: радиотелескоп РТ-22 ФИАН обеспечивает возможность проведения наблюдений космического радиоизлучения в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн, на радиотелескопах Восток-Запад ДКР-1000 ФИАН и БСА ФИАН ведутся уникальные исследования в диапазоне метровых волн.

Большая сканирующая антенная решетка БСА ФИАН – незаменимый инструмент для решения ряда задач в области исследования пульсаров, изучения динамических процессов в окосолнечной и межпланетной плазме, анализа структуры компактных радиоисточников в метровом

диапазоне волн. Радиотелескоп представляет собой антенную решетку, состоящую из 16 384 волновых диполей размером 187×384 м в направлении Восток-Запад и Север-Юг. Он имеет рекордную для диапазона около 100 МГц собирающую площадь – 7,2 гектара. Три независимые системы многолучевого диаграммообразования обеспечивают возможность проведения наблюдений одновременно по трем научным программам.

Диапазонный крестообразный радиотелескоп ДКР-1000 является меридианным инструмен-

том и состоял ранее из двух антенн – Восток-Запад и Север-Юг (ныне не работает). Антенна Восток-Запад представляет собой сегменты параболического цилиндра шириной 40 м и длиной 1 км, установленного на 37 мачтах высотой 20 м. Она позволяет вести наблюдения на волнах 2,5–10 м (в частотном диапазоне от 30 до 120 МГц). На радиотелескопе ДКР-1000 ведутся уникальные многочастотные исследования межпланетной и межзвездной среды, пульсаров и других космических объектов.

Радиотелескоп РТ-22 ФИАН – это полнопово-

ротный параболический рефлектор с диаметром зеркала 22 м. Точность поверхности главного зеркала обеспечивает эффективную работу телескопа на коротких волнах сантиметрового и даже миллиметрового диапазонов. На нем по наблюдениям рекомбинационных и мазерных линий водяного пара, метанола и других молекул исследуются области звездообразования и атмосферы холодных звезд-гигантов. Совместно с другими отечественными и зарубежными радиотелескопами ведется также изучение структуры компактных радио-



Диапазонный крестообразный радиотелескоп ДКР-1000 Пушинской обсерватории. 14 апреля 2012 г. Фото И.П. Второва.



*Радиотелескоп РТ-22 ФИАН Пуцинской обсерватории.
14 апреля 2012 г. Фото И.П. Второва.*

источников методами интерферометрии с разрешением в сотые и тысячные доли секунды дуги.

В июле 2011 г. с космодрома Байконур успешно осуществлен запуск

космической обсерватории “Спектр-Р” с радиотелескопом “Радиоастрон” (Земля и Вселенная, 2011, № 6, с. 17–18). В результате совместной работы 10-м космического радиотелескопа с

крупнейшими наземными инструментами в режиме наземно-космического интерферометра реализуется беспрецедентное угловое разрешение в миллионные доли угловой секунды. Вся научная информация поступает с орбиты через наземную станцию слежения, созданную на базе РТ-22 ФИАН. Обработка этой информации совместно с данными, полученными на крупнейших наземных радиотелескопах, прольет свет на природу физических процессов, протекающих в мощнейших источниках энергии во Вселенной.

Дни открытых дверей в Пуцинской радиоастрономической обсерватории состоят из трех частей. Во время дневной экскурсии по территории обсерватории посетителям рассказывают о радиотелескопах, повседневном труде радиоастрономов и истории обсерватории. В апреле они могут прослушать обзорную лекцию по космонавтике, в августе – по астрономии. Третья часть – телескопические наблюдения самых интересных объектов на небе и рассказ о созвездиях. В проведении вечерних прогулок по небу нам всегда помогают любители астрономии, которые не только приезжают сами, но и привозят свои телескопы. За это мы всегда им глубоко благодарны: наша радиоастрономическая обсерватория не имеет своих оптических



Любители астрономии Владимир Куйбышев (на заднем плане) и Андрей Рожков готовят телескопы для посетителей вечернего сеанса наблюдений в Пушинской обсерватории. 14 апреля 2012 г. Фото В.И. Щивьёва.

инструментов и потому ей всегда нужна сторонняя помощь в проведении таких наблюдений.

Организаторы Дней открытых дверей в ПРАО 14 апреля 2012 г. заранее дали объявление в местной прессе, на городских форумах, на форумах любителей астрономии и... стали ждать посетителей! Следует

сделать важное примечание: не пренебрегайте местной прессой. Оказывается, местные газеты и порталы постоянно отслеживаются региональными СМИ, в том числе новостными программами областных телеканалов. Именно таким образом журналисты о них узнают, после чего выйдут на организаторов и

договариваются о приезде съемочных групп. Далее информация распространялась по принципу "падающего домино". Например, в августе 2011 г. были даны объявления на радиостанциях — не только на региональных, но и на некоторых федеральных. А ведь мы не предпринимали для этого никаких дополнитель-

ных усилий, журналисты сами находили интересную информацию и затем ее распространяли. В результате этой рекламы 14 апреля 2012 г. в обсерваторию вновь пришли сотни людей. Днем в экскурсии участвовало 100–150 человек, примерно столько же гостей было на вечерней наблюдательной сессии. По опросам участников, около 40% – это пущинцы, остальные приехали издалека: школьные группы из соседних населенных пунктов, из Серпухова, Москвы, Протвино...

Дни открытых дверей в Пушино в этом году посетили 15 любителей астрономии с телескопами (самый большой диаметром 30 см!). Ко всем телескопам выстраивались очереди, любители астрономии охотно показывали свои телескопы, рассказывали о созвездиях и небесных объектах. Например, Сергей Михайлов заранее посмотрел в календаре, что интерес-

ного будет на небе в этот вечер. Ожидался пролет Международной космической станции. Это наблюдение вызвало всеобщий восторг, яркость станции была около -1^m . Интересно, что вокруг экскурсовода обычно выстраивалась значительная группа из 20–50 человек. Посетителей интересовало многое – расположение звезд на небе, галактики и шаровые скопления, планеты. В актовом зале обсерватории состоялись киносеансы с показом научно-фантастических и научно-популярных фильмов на космическую тематику. Поскольку к нам всегда приходят семьями, даже с маленькими детьми, мы решили поставить сначала лучший анимационный мультфильм 2009 г. “ВАЛЛ-И” о защите окружающей среды, а затем показали “Путешествие на край Вселенной” – на сегодня лучший, вероятно, документальный фильм о Вселенной.

Как оказалось, интерес обычных людей к подобным мероприятиям растет год от года. Обычно их посещают семьи с детьми разных возрастов, часто организовываются школьные экскурсии. Ширится и география посетителей, в последнее время более половины из них приезжают не только из Москвы и Подмоскovie, но и из соседних областей. Самой главной наградой для нас служит замечательная энергетика и искренний интерес к обсерватории. Нам представляется, что пока в людях жив такой неподдельный интерес к достижениям самых романтических наук – астрономии и космонавтики, для нашей страны еще не все потеряно...

М.Б. ИВАНИЙ,
кандидат технических наук, г. Москва
В.А. САМОДУРОВ,
кандидат физико-математических наук
ПРАО АКЦ ФИАН

Первый полнокупольный цифровой планетарий в Приморье

1 сентября 2011 г. введен в строй полнокупольный цифровой планетарий в муниципальном бюджетном общеобразовательном учреждении «Средняя общеобразовательная школа № 6 с углубленным изучени-

ем отдельных предметов г. Владивостока». Он открылся благодаря инвестициям ОАО «Владивостокский морской торговый порт», с 1936 г. шефствующего над школой. После масштабной реконструкции школа

стала самой современной в городе по техническому оснащению. В надстроенном мансардном этаже разместились планетарий и обсерватория, хотя строительство обсерватории еще не завершено.



Здание средней общеобразовательной школы № 6 г. Владивостока. В мансарде расположены планетарий и обсерватория.



Купол и внутренний вид с проекционным оборудованием планетария.

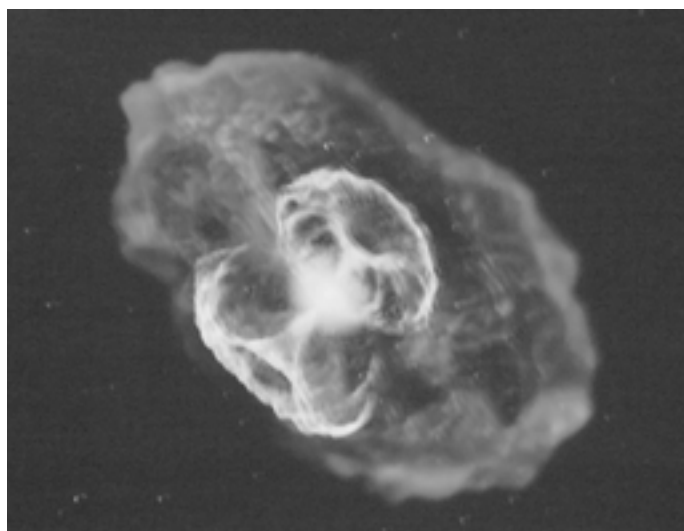


Рабочее место лектора-оператора.

Помещение планетария представляет собой купол диаметром 10 м. Благодаря удобным креслам и современной системе вентиляции на одночасовом сеансе могут присутствовать 45–50 человек. Оборудование планетария и специализированное программное обеспечение произведены американской компанией “Evans and Sutheland”. Выбранная модель включает в себя две проекционные установки, четыре компьютера (по одному на каждый проектор, аудиосистему и хост), шестиканальную аудиосистему, оборудование рабочего стола оператора – два монитора и два микрофона, айпод, панель управления светом. Управление осуществляет оператор с помощью мыши или айпода из любой точки зала. Нерусифицированной клавиатурой в темноте пользоваться неудобно, джойстик почти бесполезен: он нужен лишь в режиме “управляемого космического полета”, а в планетарии этот режим сильно проигрывает по зрелищности современным компьютерным играм, в которые играет большинство школьников. Программное обеспечение содержит программу Digitstar 4 с двумя библиотеками астрономических данных, одна из них может легко пополняться изображениями, аудиозаписями



Помещение будущей школьной обсерватории.



Проекция планетарной туманности на купол планетария.

ями и видеофильмами в обычных форматах, а также скриптами (простыми программами, написанными на доступном даже непрограммисту

языке) и объемными моделями.

Сейчас в планетарии демонстрируются приобретенные у компании “Evans and Sutheland”



С.Н. Долгоруков – лектор планетария.

полнокупольные научно-популярные фильмы “Чудеса Вселенной” (“Wonders of the Universe”) длительностью 23 мин, “Тайны Солнца” (“Secrets of the Sun”, 21 мин) и “Захватчики Марса” (“Invaders of Mars!”, 25 мин). Фильм “Чудеса Вселенной” посвящен эволюции Вселенной, ее разнообразным объектам и исследованиям с помощью мощных телескопов. Фильм “Тайны Солнца” рассказывает о внутреннем строении светила и процессах на нем, циклах солнечной активности и влиянии на биосферу Земли. Фильм “Захватчики Марса”

знакомит зрителей с историей исследования планеты с помощью автоматических межпланетных станций. Возможен ли просмотр в нашем планетарии астрономических фильмов других производителей, мы пока не знаем, поскольку у нас их нет. Полнокупольное изображение получается объемным и очень натуралистичным. Оно не является само по себе 3D-изображением, как в 3D-кинотеатрах, в которых выдают поляризационные очки. Компания “Evans and Sutherland” производит и 3D-планетарии в полном смысле этого слова, но наша

версия этого не предусматривает. Проекционная система SP2HD обеспечивает демонстрацию изображения на полном куполе с разрешением 1920×1920 пикселей (разрешение каждой проекционной установки составляет 1920×1080 пикселей), контрастом 7500:1, яркостью до 7500 люмен. С учетом соотношения рабочих характеристик и цены эта проекционная система считается наилучшей для небольших школьных планетариев.

Обычные видеофайлы можно демонстрировать на любой части купола в режиме квадратного или прямоугольного экрана, наложенного поверх какого-либо неподвижного полнокупольного изображения или звездного неба. В принципе возможна одновременная демонстрация видеофайла на части купола и интерактивная работа со звездным небом на остальной площади, но это уже на пределе возможностей процессора: программа в таком режиме часто “виснет”. Можно также растянуть обычный видеофайл на весь купол с соответствующими геометрическими искажениями, но мы не нашли применения этой опции. Серьезные аппаратные сбои за пять месяцев работы случились дважды и были устранены силами технической поддержки Владивос-

токского морского торгового порта.

Скрипты и модели, содержащиеся в библиотеке планетария и на DUG-сайтах “Группы пользователей Дигитстар” (Digitstar Users Group: <http://digitstardomes.org>), также являются хорошими инструментами для показа различных небесных объектов и процессов. К сожалению, в библиотеке их немного, а большинство из тех, которые можно скачать в Интернете, написаны для старых версий программы и в нашей последней версии не работают. Многие из того, что демонстрируется существующими скриптами, может воспроизвести оператор в режиме ручного управления. Правда, если лектор и оператор в одном лице, то использовать скрипты, конечно, проще.

Поскольку в школах нашей страны астрономия не изучается как самостоятельный предмет (в курсе физики 11-го класса отведено только 15 часов на тему “Строение Вселенной”), было решено подготовить демонстрационные программы. Они могут быть интересны для любой аудитории – как для тех посетителей планетария, кто и Большой Медведицы на небе не найдет, так и для тех, кто интересуется космосом и обладает в этой области, может быть, доста-

точно глубокими знаниями. Кроме того, каждая из программ адаптируема к аудитории разного возраста – от младших школьников до взрослых людей (включая любителей студентов) – без значительных изменений в содержании демонстрируемых материалов. В итоге получились три удачные программы, каждая состоит из интерактивной части и одного из вышеназванных фильмов. Продолжительность интерактивной части – от 25 до 55 мин. Таким образом, общая продолжительность сеанса варьируется от 45 мин для младших школьников до 1 ч 20 мин для старших школьников и взрослых (при наличии активного интереса).

Структура программ единообразна. Программа начинается со знакомства с созвездиями. В первой программе посетителям рассказывают о созвездиях Северного полушария, расположенных на небе Владивостока, настраивая текущее время по желанию (вечер, ночь). С помощью подсказок лектора зрители пытаются сами найти на небе все, что знают. Обязательно разыскиваются Туманность Андромеды, Плеяды и центр Млечного Пути, поскольку это переключается с фильмом. Потом переходят к планетам, и на “найденные” планеты совершается виртуаль-

ное путешествие. Во второй программе рассказ ведется о зодиакальных созвездиях (обычно о Тельце, Водолее, Деве, Змееносце) и некоторых других, если к ним проявлен интерес зрителей, при этом показываются красивые созвездия Дракон, Лисичка. Лектор акцентирует внимание зрителей на некоторых особенных звездах, например Бетельгейзе, Проксима Центавра, Барнарда, говорит о других звездах, если их назовут, а также показывает известные планетарные туманности, например туманность Ориона, Конская голова, Улитка, Муравей, Кошачий глаз. Содержание лекции также имеет параллели с фильмом, посвященным эволюции Солнца. Если остается время, то совершается “путешествие” на какую-нибудь звезду. Третья программа строится на знакомстве с небом Южного полушария и проблемой жизни во Вселенной. На небосводе посетители с помощью лектора ищут экзопланеты. Совершается виртуальное путешествие к одному из кандидатов на роль новой колыбели жизни в Солнечной системе – спутникам Европе, Энцеладу и Титану. Тема поисков внеземной жизни переключается в лекции с содержанием фильма об исследовании Марса.



На занятии астрономического кружка.

Две из трех программ посмотрели все ученики нашей школы. Сейчас планетарий приглашает учащихся всех образовательных учреждений города, сеансы проходят пять раз в неделю. Поскольку школа расположена не в центре города и для организации экскурсий часто требуется автобус, группы стараем-

ся комплектовать заранее.

Работу планетария обеспечивают два сотрудника: лектор и оператор в одном лице Сергей Николаевич Долгорук и менеджер планетария (и в перспективе также оператор) Лариса Викторовна Еремеева. Скорую техническую помощь в случаях аппаратных и программных сбоев ока-

зывает специалист Владивостокского морского торгового порта Евгений Лысенко.

При планетарии работает астрономический кружок для тех школьников, кто хочет изучить астрономию. Кружок служит также в целях “обкатки” новых программ. Большой интерес к астрономии проявляют школьники 5–7 классов. Регулярно посещают занятия около десяти учащихся, правда, они главным образом хотят научиться самостоятельно управлять планетарием и выступать с микрофоном, но и это неплохо. Рассматриваем возможность открытия кружка для учащихся других школ города, где технический прогресс поскорее. 27 марта 2012 г. мы провели презентацию планетария на стендовой защите в рамках городского фестиваля образовательных инноваций “Образование-2012”.

*С.Н. ДОЛГОРУК
лектор планетария
Владивостока*

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: ноябрь – декабрь 2012 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Ноябрь		
1	15	Луна в апогее
2	1	Луна проходит в 1° южнее Юпитера
7	0	Последняя четверть
7	0	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
11	9	Нептун переходит от попятного движения к прямому
11	14	Луна проходит в 5° южнее Венеры
12	18	Луна проходит в 4° южнее Сатурна
13	22	Новолуние
14	10	Покрытие Луной Меркурия
14	10	Луна в перигее
16	9	Луна проходит в 4° севернее Марса
17	4	<i>Венера проходит в $3,8^\circ$ севернее Спики (α Девы)</i>
17	16	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
20	14	Первая четверть
26	23	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
27	1	<i>Венера проходит в $0,5^\circ$ южнее Сатурна</i>
28	14	Полнолуние
28	19	Луна в апогее
29	1	Луна проходит в 1° южнее Юпитера
Декабрь		
3	1	Юпитер в противостоянии с Солнцем
5	6	Меркурий в наибольшей западной элонгации (21°)

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
6	15	Последняя четверть
10	10	Луна проходит в 4° южнее Сатурна
11	13	Луна проходит в 2° южнее Венеры
12	0	Луна проходит в 1° южнее Меркурия
12	22	<i>Юпитер проходит в 4,7° севернее Альдебарана (α Тельца)</i>
12	23	Луна в перигее
13	8	Новолуние
13	20	Уран переходит от попятного движения к прямому
14		<i>Максимум метеорного потока Геминиды</i>
15	8	Луна проходит в 5° севернее Марса
20	5	Первая четверть
21	11	Зимнее солнцестояние
25	21	Луна в апогее
26	0	Луна проходит в 1° южнее Юпитера
28	10	Полнолуние

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

Таблица II

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°		
					восход	заход	восход	заход	восход	заход	
	ч	м	°	'	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	
Ноябрь	1	14	25	-14	26	06:40	16:51	07:05	16:26	07:50	15:41
	11	15	05	-17	25	06:53	16:39	07:25	16:07	08:24	15:08
	21	15	47	-19	55	07:07	16:29	07:45	15:51	08:59	14:37
Декабрь	1	16	29	-21	48	07:19	16:23	08:02	15:40	09:32	14:10
	11	17	23	-23	00	07:29	16:21	08:16	15:34	09:58	13:52
	21	17	57	-23	26	07:36	16:24	08:25	15:36	10:12	13:48
	31	18	41	-23	06	07:40	16:30	08:27	15:43	10:10	14:00

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время захода Солнца 4 ноября 2012 г. в Москве (широта – 55°45', долгота – 2°30^м, 2-я часовая зона – московское время, UT + 4^ч). Пользуясь Таблицей II, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 4 ноября, получаем 16^ч17^м. Вычтем из него долготу места, прибавим 4^ч, получим 17^ч47^м.

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период*	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Меркурий												
Ноябрь	1	15	56,8	-23	24	-0,1	7,3	0,51	-	-	-	-
	11	16	01,8	-22	23	1,5	9,2	0,15	-	-	-	-
	21	15	17,2	-16	41	3,2	9,5	0,05	-	-	-	-
Декабрь	1	15	10,4	-15	05	-0,3	7,3	0,48	1,2	1,2	0,8	Утро
	11	15	51,7	-18	24	-0,5	5,9	0,77	1,1	1,0	-	Утро
	21	16	50,1	-22	00	-0,5	5,1	0,90	-	-	-	-
	31	17	55,3	-24	09	-0,6	4,8	0,96	-	-	-	-
Венера												
Ноябрь	1	12	17,2	-00	08	-4,0	13,4	0,81	3,3	3,8	4,6	Утро
	11	13	02,5	-04	45	-4,0	12,8	0,83	3,1	3,5	4,3	Утро
	21	13	48,6	-09	17	-3,9	12,3	0,86	2,9	3,3	4,0	Утро
Декабрь	1	14	36,0	-13	30	-3,9	11,9	0,88	2,6	2,9	3,6	Утро
	11	15	25,3	-17	12	-3,9	11,5	0,90	2,3	2,5	2,9	Утро
	21	16	16,6	-20	10	-3,9	11,2	0,92	2,0	2,0	1,8	Утро
	31	17	09,5	-22	11	-3,9	10,9	0,94	1,6	1,5	-	Утро
Марс												
Ноябрь	1	17	06,5	-23	55	1,2	4,6	0,95	1,1	-	-	Вечер
	11	17	39,0	-24	27	1,2	4,5	0,96	1,1	-	-	Вечер
	21	18	12,2	-24	32	1,2	4,4	0,96	1,1	-	-	Вечер
Декабрь	1	18	45,6	-24	11	1,2	4,4	0,97	1,1	-	-	Вечер
	11	19	19,1	-23	22	1,2	4,3	0,97	1,1	0,4	-	Вечер
	21	19	52,4	-22	07	1,2	4,3	0,97	1,1	0,6	-	Вечер
	31	20	25,3	-20	26	1,2	4,2	0,98	1,0	0,6	-	Вечер
Юпитер												
Ноябрь	1	04	55,1	+21	46	-2,6	46,8	1,00	12,2	13,4	15,4	Ночь
	11	04	50,8	+21	39	-2,6	47,6	1,00	13,1	14,4	16,5	Ночь
	21	04	45,6	+21	31	-2,7	48,2	1,00	13,9	15,1	17,4	Ночь
Декабрь	1	04	39,9	+21	21	-2,7	48,4	1,00	14,4	15,6	18,0	Ночь
	11	04	34,1	+21	11	-2,7	48,2	1,00	14,4	15,7	18,3	Ночь
	21	04	28,7	+21	02	-2,6	47,7	1,00	13,8	15,2	18,1	Ночь
	31	04	24,1	+20	33	-2,6	46,9	1,00	13,0	14,5	17,5	Ночь

Таблица III (окончание)

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период*	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Сатурн												
Ноябрь	1	14	06,1	-10	24	0,6	15,5	1,00	-	-	-	
	11	14	10,7	-10	48	0,6	15,5	1,00	-	-	-	
	21	14	15,2	-11	11	0,6	15,6	1,00	1,3	1,3	1,2	Утро
Декабрь	1	14	19,5	-11	32	0,7	15,7	1,00	2,2	2,3	2,4	Утро
	11	14	23,6	-11	51	0,7	15,9	1,00	3,0	3,1	3,3	Утро
	21	14	27,3	-12	08	0,6	16,1	1,00	3,7	3,9	4,1	Утро
	31	14	30,6	-12	22	0,6	16,3	1,00	4,4	4,5	4,7	Утро

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени, F – фаза планеты, * – период видимости планеты.

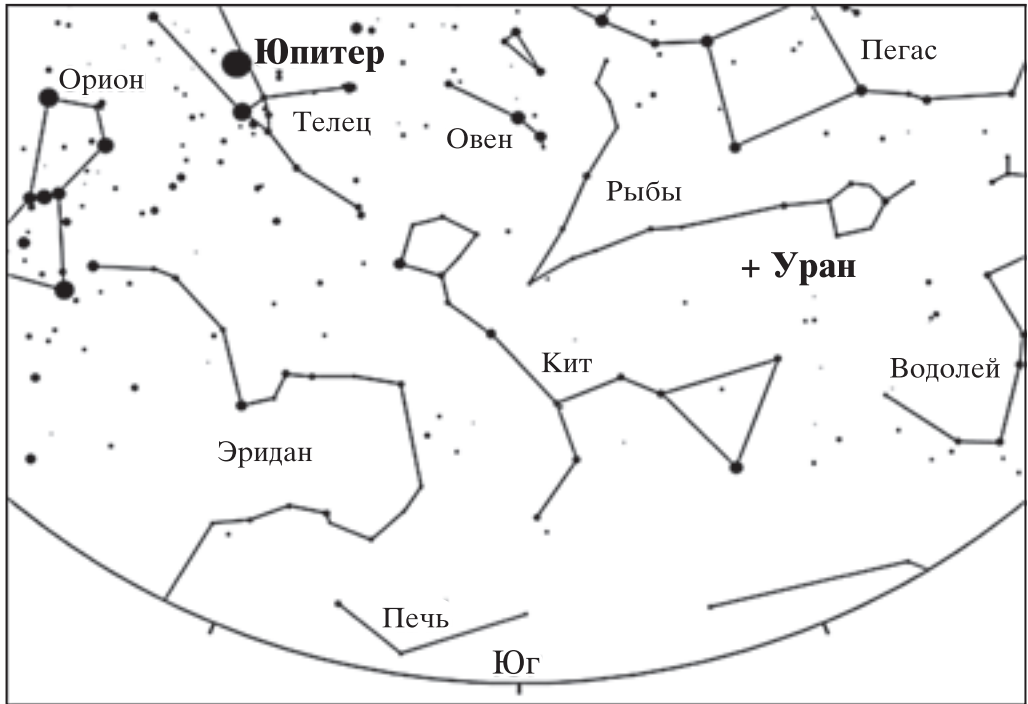
ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

В начале ноября **Меркурий** находится довольно далеко к востоку от Солнца и быстро приближается к нему. В Северном полушарии Земли увидеть ближайшую к Солнцу планету не получится, склонение Меркурия южнее солнечного, поэтому планета заходит за горизонт вскоре после светила. В Южном полушарии заканчивается его вечерняя видимость. 7 ноября Меркурий переходит от прямого движения к попятному. 14 ноября произойдет покрытие Луной Меркурия в дневное время в европейской части нашей страны. Однако близость к Солнцу Луны и Меркурия (7°), малая фаза растущей Луны (0,01) и низкая яркость планеты (3,8^m) не позволят увидеть данное покрытие. 17 ноября Меркурий в нижнем соединении с Солнцем. 26 ноября он переходит от попятного движения к прямому и начинается его утренняя видимость, которая продолжится до середины декабря. 5 декабря Меркурий в наибольшей западной элонгации (21°), тогда планету можно наблюдать утром в течение часа.

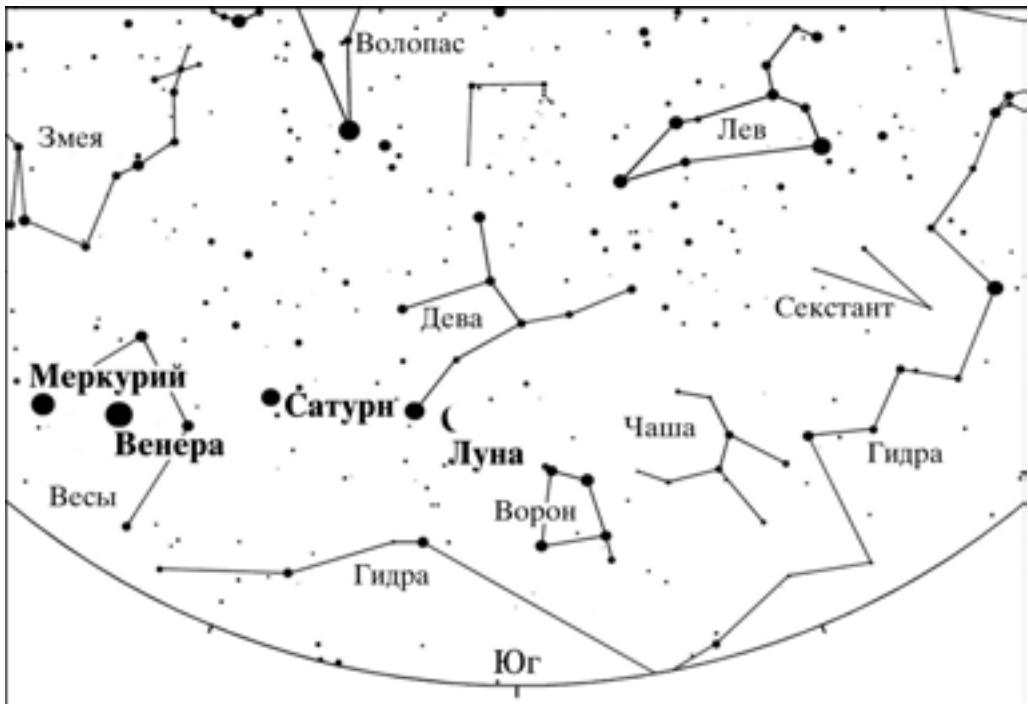
В ноябре – декабре **Венера** продолжает удаляться от Земли, ее видимый угловой диаметр уменьшается, продолжительность утренней видимости сокращается. Планета быстро перемещается по небесной сфере, 28 ноября переходит из созвездия Девы в Весы, 18 декабря она окажется в Скорпионе, а 22 декабря – в Змееносце. 27 ноября Венера пройдет в 0,5° южнее Сатурна. Луна пройдет рядом с утренней планетой 11 ноября и 11 декабря.

В ноябре – декабре **Марс** виден по вечерам в южных районах нашей страны около часа, в декабре его можно увидеть и в средних широтах. Он продолжает удаляться от Земли, видимый угловой размер уменьшается, на небесной сфере постепенно приближается к Солнцу. 12 ноября Красная планета переходит из созвездия Змееносца в созвездие Стрельца, 25 декабря – в созвездие Козерога. Луна пройдет вблизи Марса 16 ноября и 15 декабря.

В конце года наилучшие условия видимости сложатся у крупнейшей планеты Солнечной системы. 3 декабря **Юпитер** вступит в противостояние с



Вид южной части звездного неба в Москве 15 ноября в 0^ч по московскому времени. Отмечено положение Юпитера и Урана.



Вид южной части звездного неба в Москве 9 декабря в 9^ч по московскому времени. Отмечено положение Меркурия, Венеры, Сатурна и Луны.

Солнцем. На небесной сфере эта планета-гигант движется попятно в созвездии Тельца, севернее звездного скопления Гиады и звезды Альдебаран (α Тельца). В бинокль любители астрономии могут увидеть четыре наиболее ярких галилеевых спутника Юпитера, а с помощью телескопа появляется возможность наблюдать структуру облачного покрова газового гиганта. Луна прой-

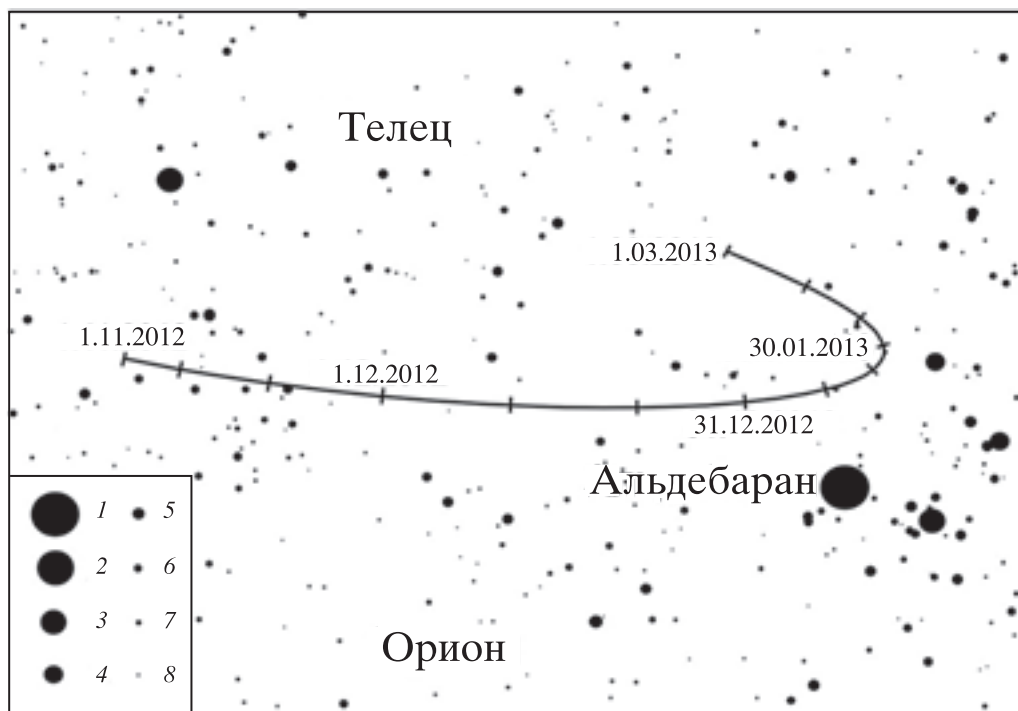
дет вблизи Юпитера 2, 29 ноября и 26 декабря.

С середины ноября начинается утренняя видимость **Сатурна**. Условия видимости стремительно улучшаются, к концу года планета видна по утрам свыше 4 ч. Сатурн медленно перемещается по созвездию Девы, 6 декабря переходит в созвездие Весов. Стареющая Луна пройдет недалеко от Сатурна 12 ноября и 10 декабря.

НЕБЕСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

В конце 2012 г. и начале 2013 г. в созвездии Тельца, восточнее рассеянного звездного скопления Гиады, пользуясь биноклем или небольшим телескопом, можно найти астероид

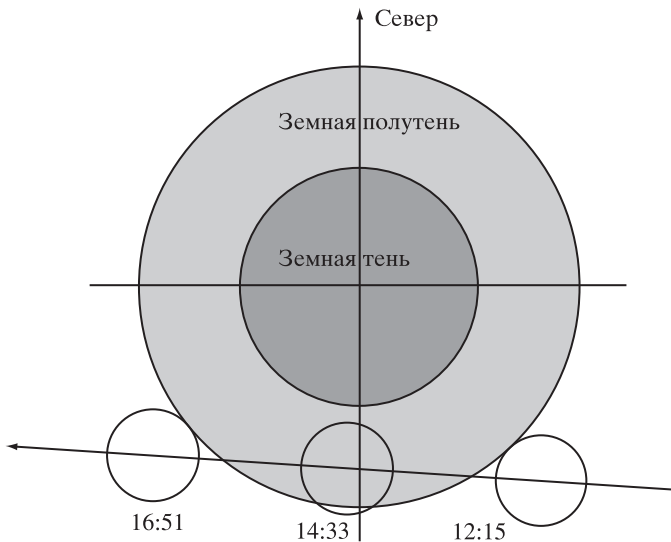
Веста. В этот период видимости он находится несколько дальше от Солнца и Земли, поэтому его блеск будет слабее, чем в прошедшем противостоянии, и не превысит $6,4^m$.



Видимый путь на небесной сфере астероида Веста в ноябре 2012 г. – феврале 2013 г.

ЭФЕМЕРИДА АСТЕРОИДА ВЕСТА

Дата	α		δ		m	
	ч	м	°	'		
Ноябрь	1	05	39	17	24	7,2
	11	05	34	17	25	7,0
	21	05	27	17	28	6,8
Декабрь	1	05	17	17	35	6,6
	11	05	06	17	44	6,4
	21	04	55	17	57	6,6
	31	04	45	18	14	6,9
Январь	10	04	39	18	35	7,1
	20	04	35	19	01	7,3
	30	04	34	19	31	7,5
Февраль	09	04	36	20	05	7,6
	19	04	41	20	42	7,8
Март	1	04	48	21	20	7,9



Видимый путь Луны во время полутеневого лунного затмения 28 ноября 2012 г. Отмечены моменты контактов.

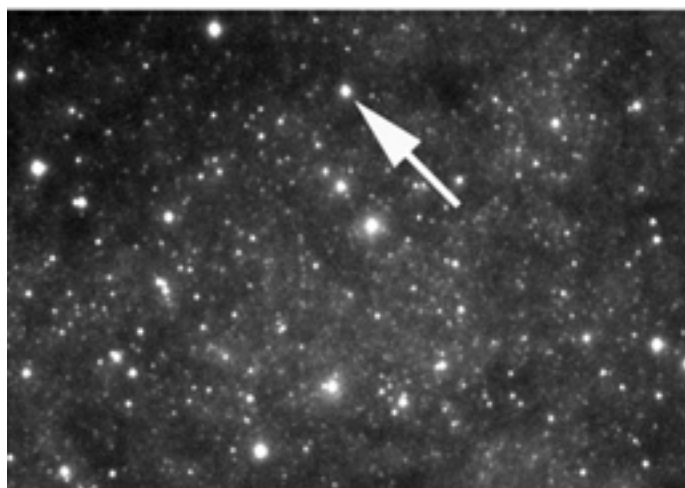
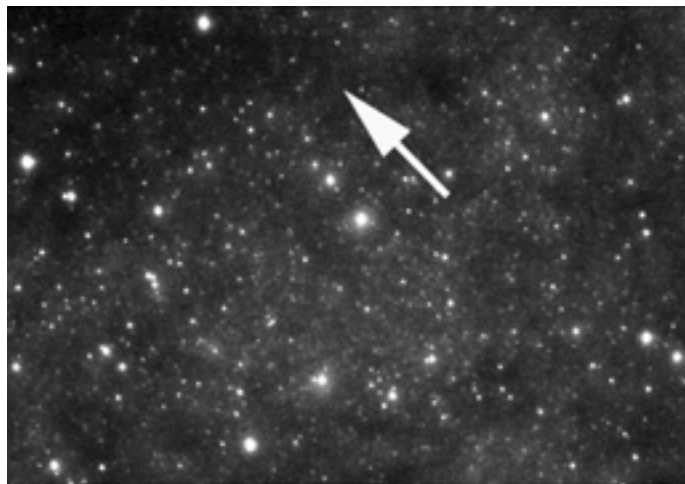
28 ноября произойдет **частное полутеневое лунное затмение**, видимое в восточных районах нашей страны. Вблизи максимальной фазы (0,916) будет заметно невооруженным глазом небольшое потемнение северной части лунного диска.

В.И. ЩИВЬЁВ
г. Железнодорожный (Московская обл.)

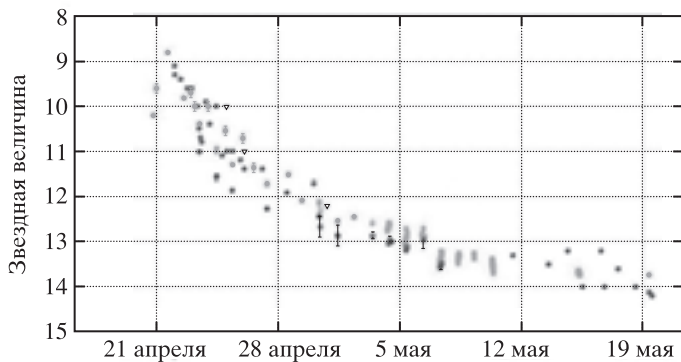
Открытие Новой звезды

21 апреля 2012 г. впервые на территории России официально была открыта классическая Новая звезда с блеском $9,6^m$ (координаты: $\alpha = 17^h45^m28,02^s$, $\delta = -23^\circ05'23,1''$) около границы созвездий Стрельца и Змееносца. Авторы открытия Новой Стрельца 2012 № 1 – **Станислав Александрович Короткий** (Астрономическая обсерватория Научного центра “Ка-Дар”) и **Кирилл Владимирович Соколовский** (АКЦ ФИАН и ГАИШ МГУ).

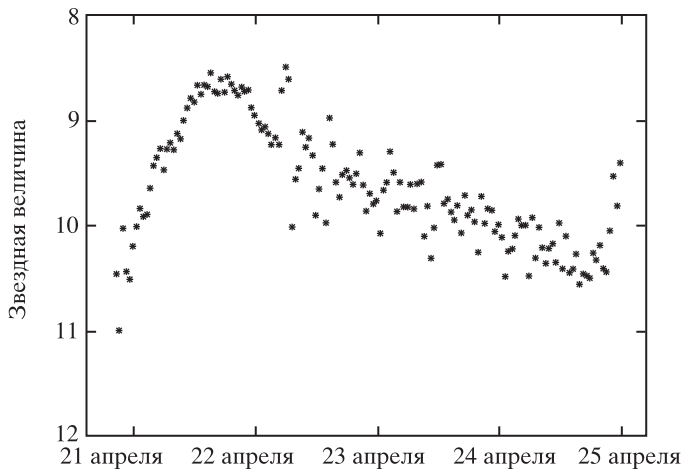
До этого в течение более 20 лет приоритет в открытии данного класса объектов принадлежал Японии, Австралии и Чили. В 2012 г. эта Новая стала шестой, замеченной в Млечном Пути и его окрестностях: четыре открыты в Южном полушарии австралийцем Джоном Сечем и не заметны с территории России, а Новая Змееносца 2012 № 1 – японским любителем астрономии Хидео Нисимура. Вспышка Новой Стрельца 2012 № 1 обнаружена в ходе реализации проекта “New Milky Way” (NMW) по поиску транзиентов в области нашей Галактики. Ее на-



Новая Стрельца 2012 № 1. Снимки сделаны до открытия (17 апреля 23,76^ч UT, вверху) и в момент открытия (21 апреля 0,26^ч UT, внизу). Фотокамера “Canon EF 135/2 L USM” с ПЗС-матрицами ST-8300M. Фото автора.



Кривая блеска Новой Стрельца 2012 № 1 по данным Американской ассоциации наблюдателей переменных звезд (AAVSO). Апрель – май 2012 г.



Кривая блеска Новой Стрельца 2012 № 1 по данным космической солнечной обсерватории "STEREO". Апрель 2012 г. NASA.

тели астрономии сфотографировали звезду еще во время роста яркости вспышки при блеске $10,2^m$. Вечером 21 апреля австралийский любитель астрономии Джон Сеч подтвердил факт вспышки Новой и оценил блеск около $8,8^m$, это оказалось максимум кривой блеска. Затем началось резкое падение блеска Новой (скорость до $0,5^m$ в сутки). Такое быстрое изменение яркости нашло свое объяснение. Спектры Новой Стрельца 2012 № 1 показали рекордную скорость расширения оболочки – до 6500 км/с! Это самые большие значения за последние 13 лет для известных вспышек Новых звезд. Разные наблюдатели за несколько дней получили не менее восьми спектров, на основе которых Новую можно классифицировать как "быструю He/N типа".

Новая Стрельца 2012 № 1 наблюдалась и в других диапазонах электромагнитного спектра. Через сутки после вспышки космическая обсерватория "Свифт" ("Swift"; Земля и Вселенная, 2005, № 2, с. 68–69) зафиксировала ее и получила оценку блеска в УФ-диапазоне, но рентгеновское излучение не обнаружила. Еще через два дня на область вспышки навели наземные радиотелескопы Jansky Very Large Array (VLA, Нью Мексико, США) и провели наблюдения в диапазоне Ка (32 ГГц), но объект излу-

блюдения проводились в научном центре "Ка-Дар", расположенном недалеко от телескопа БТА-6 (Нижний Архыз, Республика Карачаево-Черкесия). На снимках оцифрованного Паломарского обзора (DSS) в координатах вспышки Новой виден возможный прароди-

тель – звезда USNO-B1.0 0669-0621295 с блеском около 18^m .

В электронной телеграмме Центрального бюро астрономических телеграмм Международного астрономического союза СВЕТ3089 сообщается, что за 4 ч до нашего снимка китайские любии-

чения снова не был найден. Через неделю после вспышки Новую пронаблюдали в ИК-диапазоне индийские астрономы на 1,2-м телескопе.

Но самые интересные наблюдения оказались совершенно случайными: вспышка Новой Стрельца 2012 № 1 попала в поле зрения камер космической солнечной обсерватории “STEREO”. Это позволило построить очень качественную и непрерывную фотометрию Новой Стрельца 2012 № 1 на протяжении первых четырех суток с начала вспышки. Наконец, повторные наблюдения обсерватории “Свифт”, проведенные 11 мая, обнаружили появление жесткого (вплоть до 10 кэВ) рентгеновско-

го излучения Новой. Данное излучение, скорее всего, связано с ударными волнами, распространяющимися с большой скоростью внутри расширяющейся оболочки после ее сброса во время вспышки Новой.

В первой декаде мая Новая звезда начала показывать быструю переменность с амплитудой около 0,5^m. По состоянию на 20 мая 2012 г. блеск вспышки Новой упал до 14^m.

Параллельно с задачей выявления вспыхающих объектов проводился фотометрический обзор всех звезд до 14^m в плотных регионах Галактики. Съемка производилась с помощью фотокамеры “Canon EF 135/2L USM” с ПЗС-матрицами

ST-8300M в поле зрения 5° × 7°, масштаб изображения 8” на пиксель, экспозиции по 30 с. За время первого обзора (1 января – 26 апреля 2012 г.) было проведено 70 наблюдательных ночей, в течение которых открыты две вспышки катаклизмических переменных звезд с блеском около 12,5^m в созвездиях Персея и Близнецов. Также выявлено более 150 ранее неизвестных ярких долгопериодических переменных звезд. В будущем предполагается создать общедоступный архив снимков и фотометрических измерений, полученных в рамках обзора.

*С.А. КОРОТКИЙ
Обсерватория НЦ “Ка-Дар”*

Информация

Крупнейший солнечный телескоп

В мае 2012 г. на Канарских островах заработал телескоп “Грегори” (“Gregor”, Германия) Обсерватории Тейде (Испания), ставший крупнейшим солнечным телескопом в Европе и третьим по размеру среди солнечных телескопов в мире. Он назван в честь шотландского астронома и математика Джеймса Грегори

(1638–1675), придумавшего принципиальную схему, по которой построен телескоп. В постройке прибора участвовали четыре немецких исследовательских института. Телескоп установлен на высоте 3718 м над уровнем моря на вулкане Тейде на острове Тенерифе, где 21 мая 2012 г. состоялась церемония открытия. Диаметр первичного зеркала телескопа – 1,5 м, он построен по открытой схеме (не имеет кожуха), что позволяет снизить вибрацию, возникающую из-за порывов ветра. Складной купол защищает прибор от неблагоприятной погоды. Телескоп с постоянной системой охлаждения оборудован си-

стемой подстройки под атмосферные искажения. На нем установлены камеры, поляриметры, интерферометры и спектрографы. Главной задачей телескопа станет изучение магнитных процессов на Солнце и характеристик его хромосферы. Изображениям поверхности светила можно получать в видимом и инфракрасном спектре с разрешением 70 км. Ученые, участвовавшие в разработке, отмечают, что такое разрешение позволит хорошо разглядеть солнечную грануляцию и получить данные о ее формировании.

Пресс-релиз NASA,
23 мая 2012 г.

НОВЫЕ КНИГИ

Популярно об астрономии

В издательстве “Физматлит” вышла книга **“Разведка далеких планет”** (М.: 2011) одного из лучших популяризаторов науки кандидата физико-математических наук *В.Г. Сурдина* (ГАИШ МГУ), лауреата Беляевской премии 2012 г. за серию книг по астрономии. В увлекательной форме и хорошим литературным языком рассказано, например, о том, как появились имена у планет, астероидов, комет и звезд, о создании и эволюции телескопа, исследовании планет Солнечной системы и пояса Койпера, о методах обнаружения экзопланет.

В книге девять глав: *“Карта Солнечной системы и ее окрестностей”*, *“Подготовка к путешествиям”*, *“Небо и телескоп”*, *“Поиск планет в Солнечной системе”*, *“Планеты-телескопы”*, *“Недоступные планеты”*, *“Планеты-карлики”*, *“Планеты-спутники”*, *“Путевой блокнот”*.

Отметим главу *“Планеты-телескопы”*, в которой представлены таблицы эле-



ментов орбит планет Солнечной системы, обширный перечень их физических характеристик, куда вошли наряду с привычными параметрами – массой, экваториальными радиусами, средней плотностью, периодами вращения и наклонами экватора к орбитам – такие редкие характеристики, как координаты полюсов вращения, геометрическое альbedo, максимальный блеск, максимальный угловой диаметр, моменты инерции, гравитационное ускорение, критическая скорость на поверхности, эффективная температура, наличие и состав атмосферы. Для каждой планеты Солнечной системы приведены условия солнечного облучения и

средняя продолжительность солнечных суток на планетах.

В последнюю главу книги вошли толковый словарь, таблица созвездий с указанием количества звезд и занимаемой ими площади, в ней перечислены крупнейшие телескопы-рефракторы и телескопы-рефлекторы, а также зеркально-линзовые телескопы.

Подробный указатель имен и предметный указатель позволяют легко найти нужное имя или название. Двадцать дополнительных таблиц предусмотрительно приведены автором в отдельном списке, что позволяет читателю быстро найти интересующие его данные.

Книга предназначена для старшеклассников, учителей и студентов, а также любителей астрономии, однако точность и детальность информации делают эту книгу полезной и для специалистов. В частности, планетологов может заинтересовать предложение автора ввести новый термин – *“планета-спутник”*. В разделе книги, посвященном этой идее, с физической точки зрения обосновывается такое предложение и дается список возможных планет-спутников и кандидатов в эту группу.

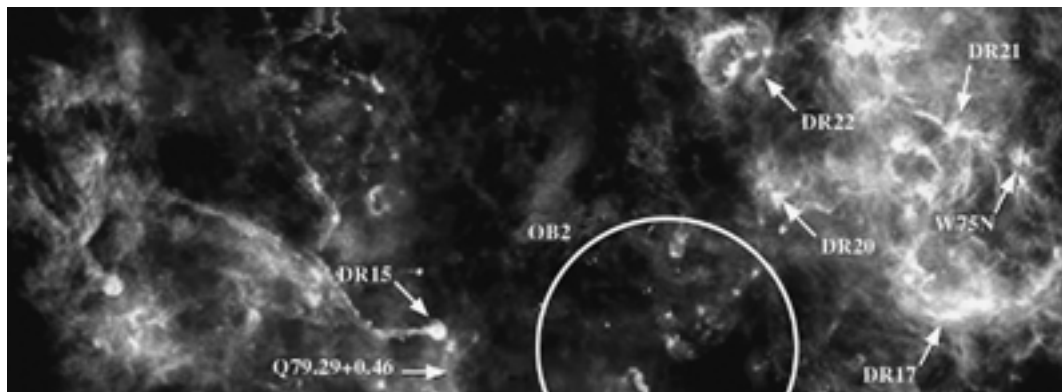
Звездообразование в Лебедь X

Космическая обсерватория “Гершель” (ESA) в начале 2012 г. сделала снимок в крайнем инфракрасном диапазоне региона Лебедь X – самой большой из известных и одной из ближайших “фабрик” звездообразования в Млечном Пути, чтобы изучить сложный процесс образования звезд. Изображение охватывает

область около $6^\circ \times 2^\circ$ (более 600 св. лет), удаленную от нас примерно на 4500 св. лет и расположенную в самом сердце созвездия Лебедя. В глубине газопылевых облаков Лебедя X формируются массивные звезды, общая масса которых в миллион раз превышает массу Солнца. В этих звездных яслях находится массивное звездное скопление, известное как ассоциация Лебедь OB2. На фотографии хорошо видны огромные пузыри горячего газа, которые выдуваются ветрами молодых звезд. Современные модели показывают, что эти пузыри, расширяясь, выметают окружающий газ, сталкиваются между собой и образуют

еще более плотные сгустки, где могут зарождаться новые светила. Сами эти звезды хорошо заметны в области, очищенной их мощными ветрами и излучением. С помощью инструментов обсерватории “Гершель” была раскрыта сложная структура холодных газопылевых волокон. В них вещество обладает наибольшей плотностью, там формируются массивные звезды. Через несколько миллионов лет на месте туманности останется рассеянное звездное скопление, которое распадется через 100 млн лет.

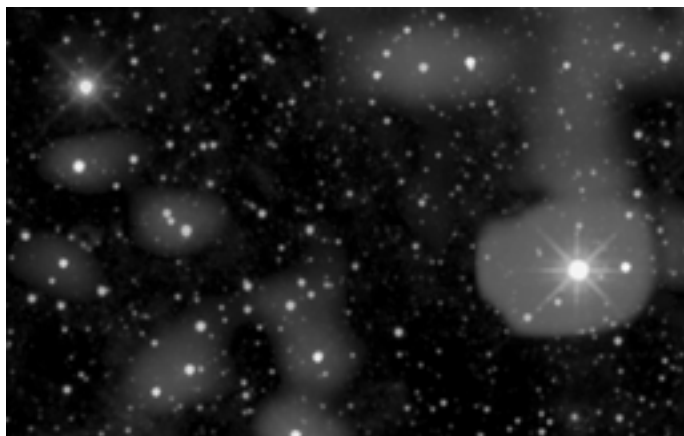
Пресс-релиз ESA,
10 мая 2012 г.



Область звездообразования в скоплении Лебедь X, находящаяся в нашей Галактике в 4500 св. лет от нас. Она включает массивную звездную ассоциацию Лебедь OB2 (в кружке), газопылевой столб DR15 и пузырь от синего сверхгиганта Q79.29 + 0.46 (слева), плотные волокнистые структуры раскаленного газа DR17, DR20–22 и мазерный источник W75N (справа). Снимок получен в 2012 г. космической обсерваторией “Гершель” в диапазоне 70 мкм (синий цвет) и 160 мкм (зеленый) и 250 мкм (красный). Фото ESA.

Пыль от стареющей звезды

С помощью космической инфракрасной обсерватории “WISE” (США) в 2010 г. удалось сфотографировать красный гигант в момент выброса в космическое пространство огромного количества пыли, сопоставимого с массой Земли. Это означает, что фактически эта звезда пережила взрыв. Событие, произошедшее со звездой WISE J180956.27–330500.2, было замечено на одном из снимков в ходе детального инфракрасного обзора неба, выполненного в 2010 г. После сравнения новых снимков с изображениями более чем 20-летней давности выяснилось, что за эти годы звезда стала во сто раз ярче. Например, в 1983 г. международная космическая обсерватория “IRAS” не смогла разглядеть эту звезду, а уже в 1998 г. она стала довольно яркой. Сейчас звез-



Звезда WISE J180956.27–330500.2 в созвездии Стрельца. Снимок сделан в 2010 г. космической инфракрасной обсерваторией “WISE”. Фото NASA/JPL.

ду окружает плотное облако пыли. По мнению ученых, рост яркости в ИК-спектре связан с нагревом пылевых частиц. Наблюдение таких резких изменений – большая удача, так как пылевые выбросы старых звезд происходят редко, вероятно, раз в 10 тыс. лет. Считается, что они длятся всего пару сотен лет, по космическим меркам это мгновение.

Известна еще одна звезда, которая находится на стадии активного распыления вещества, – это объект

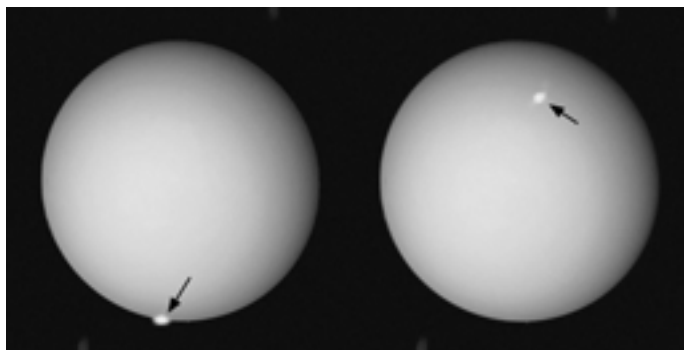
Сакураи, открытый в феврале 1996 г. японским любителем астрономии Юкио Сакураи в момент внезапного усиления яркости. Объект Сакураи, по словам ученых, проходит более поздний этап старения, чем WISE J180956.27–330500.2. Ученые планируют продолжить наблюдения за пылящим красным гигантом с помощью других наземных и космических телескопов.

Пресс-релиз NASA/JPL,
27 апреля 2012 г.

Полярное сияние на Уране

В конце ноября 2011 г. КТХ получил первые изображения полярного сияния вблизи северного магнитного полюса Урана. Полярные сияния возникают во время усиления потоков солнечного ветра. Солнце при вспышках выбрасывает корональные массы вещества, которые вызывают полярное сияние. Это явление может быть обусловлено конфигурацией хвоста магнитосферы Урана, свернутого спиралью из-за вращения магнитного диполя планеты. Сейчас наступил удачный по конфигурации период: солнечный ветер дует под углом 90° к оси вращения Урана.

Впервые полярное сияние на Уране зафиксировала в 1986 г. АМС «Вояджер-2» (Земля и Вселенная, 1986, № 5). Северный магнитный полюс Урана был обращен



Полярное сияние (белые пятна) вблизи северного магнитного полюса Урана. Снимок сделан в конце ноября 2011 г. КТХ. Фото NASA.

к потоку солнечного ветра, сияние было хорошо видно на ночной стороне этой планеты. И вот полярное сияние на Уране снова вспыхнуло, подтвердив правильность прогноза планетологов.

Магнитное поле планеты формирует магнитосферу, его конфигурация, как и у Земли, — дипольного типа. Но на нашей планете географические полюса совпадают с магнитными полюсами, а на Уране ось магнитного поля наклонена на 59° к оси вращения и смещена от центра планеты, то есть расположена на широте 31° . Магнит-

ный диполь Урана сдвинут к южному полюсу на треть радиуса. Генерация магнитного поля на Уране происходит предположительно в жидком океане аммиака над ледяной корой мантии планеты, окружающей его каменное ядро. Заряженные частицы солнечного ветра попадают на ударный слой магнитосферы, который переносит их по силовым линиям в области сгущения вблизи магнитных полюсов, где они высвечиваются в виде полярного сияния.

Пресс-релиз NASA,
13 апреля 2012 г.

Полет МКС в феврале – июле 2012 г.

Во время проведения 30-й основной экспедиции (МКС-30/31; Земля и Вселенная, 2012, № 2, с. 108–109) А.Н. Шкаплеров и О.Д. Кононенко **16 февраля** совершили выход в открытый космос продолжительностью 6 ч 15 мин. Космонавты перенесли грузовую стрелу ГСтМ-1 со стыковочного отсека “Пирс”, установив ее на модуле “Поиск”. Затем закрепили на модуле блок с образцами эксперимента “Выносливость” и в рамках эксперимента “Тест” взяли для исследований пробы с поверхности служебного модуля “Звезда”.

18 февраля на МКС впервые состоялось рукопожатие человека и робота: командира экипажа Д. Бёрбанка (США) и “Робонавта-2” (R2). Напомним, что робота, созданного NASA и General Motors, в феврале 2011 г. доставил на орбиту КК “Дискавери” (STS-133). В марте астронавты П. Несполи и К. Колман достали R2 из контейнера, проверили его состояние и вновь упаковали, в августе испытали все его



Экипаж МКС-30/31 – А.Н. Шкаплеров, Д. Бёрбанк (США), А.А. Иванишин, О.Д. Кононенко (Россия), А. Кёйперс (ESA, Голландия) и Д. Петтит (США) – в модуле “Кибо” МКС. 25 апреля 2012 г. Фото NASA.

системы. Робот прошел несколько тестов и должен выполнять другие задания, требующие точных движений.

23 марта с космодрома Куру во Французской Гвиане (ESA) с помощью РН “Ариан-5” запущен европейский грузовой КК “Эдоардо Амальди” (ATV-3 “Eduardo Amaldi”). Ракета-носитель стартовой массой 777 т вывела на орбиту максимальную за всю историю своей эксплуатации нагрузку – 19,7 т. На борту 10-м корабля находились грузы массой 6,6 т. Напомним, что это единственный аппарат, кроме российского “Прогресса”, способный осуществлять навигацию и автоматическую стыковку с МКС, дозаправку, ориентацию и регулярную коррекцию орбиты станции. Кро-

ме того, в случае угрозы столкновения с космическим мусором он может выполнять маневр уклонения. В 2008 г. к МКС стартовал ATV-1 “Жюль Верн”, в 2011 г. – ATV-2 “Иоганн Кеплер” (Земля и Вселенная, 2008, № 4, с. 84; 2009, № 1, с. 36; 2011, № 4, с. 107).

28 марта КК “Эдоардо Амальди” успешно пристыковался к российскому модулю “Звезда”. Он доставил на МКС 285 кг воды, несколько тонн сухих грузов и топлива, кислород, научное оборудование, а также письмо, написанное в 1950-х гг. итальянским физиком-атомщиком Эдоардо Амальди, в честь которого назван корабль. Возможно, самый ценный груз – блок перекачки жидкости (FCPA), важнейшая часть систе-

мы переработки урины в питьевую воду. По плану через шесть месяцев “грузовик”, наполненный мусором, расстыкуется с МКС и будет затоплен в Тихом океане. В 2013 г. и 2014 г. к МКС запланированы старты очередных транспортных кораблей ATV-4 “Альберт Эйнштейн” и ATV-5 “Жорж Леметр”.

27 апреля на спускаемом аппарате КК “Союз ТМА-22” совершил посадку экипаж МКС-30 – А.Н. Шкаплеров, А.А. Иванишин (Россия) и Д. Бёрбанк в 88 км северо-восточнее г. Аркалык (Казахстан). Длительность экспедиции – 165 сут 07 ч 31 мин. Работу на станции продолжил экипаж МКС-30/31 – О.Д. Кононенко (Россия), А. Кёйперс (ESA, Голландия) и Д. Петтит (США).

15 мая с площадки № 1 космодрома Байконур осуществлен запуск “Союз-ФГ” с КК “Союз ТМА-04М”. Космический корабль пилотирует экипаж МКС-31 – бортинженер МКС-31 и командир МКС-32 Г.И. Падалка, бортинженеры МКС-31/32 С.Н. Ревин (Россия) и Дж. Акаба (США). Г.И. Падалка совершил четвертый полет, Дж. Акаба – второй, С.Н. Ревин – впервые в космосе. Планируемая длительность полета – 125 сут. **17 мая** КК “Союз ТМА-04М” пристыковался к исследовательскому модулю “Поиск” (МИМ-2)

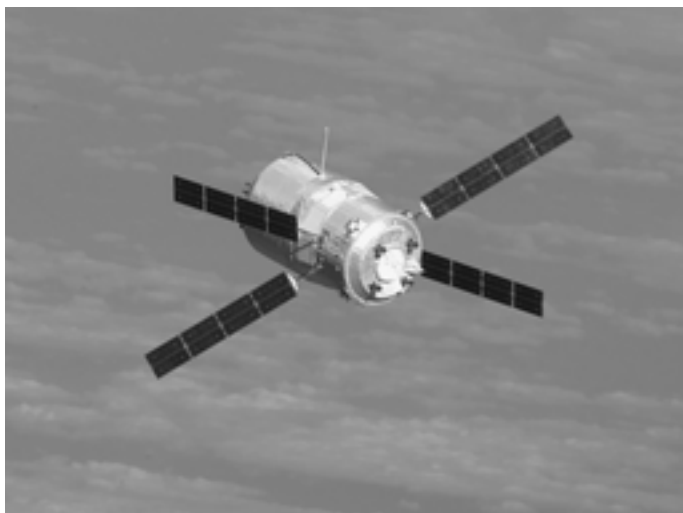


Космонавт А.Н. Шкаплеров переносит грузовой кран “Стрела-2” для его монтажа на модуль “Поиск”. 16 февраля 2012 г. Фото NASA.

Международной космической станции.

Геннадий Иванович Падалка (381-й астронавт мира, 89-й космонавт России) родился 21 июня 1958 г. в Краснодаре. После окончания в 1979 г. Ейского высшего военного авиационного училища летчиков

служил в Группе советских войск в Германии, затем – в Дальневосточном военном округе. За время службы освоил шесть типов самолетов, налетал свыше 1300 ч и выполнил 500 прыжков с парашютом. Имеет квалификации “Военный летчик 1 класса” и “Ин-



Грузовой космический корабль ATV-3 "Эдоардо Амальди" (ESA) приближается к МКС. 28 марта 2012 г. Фото NASA.

структор парашютно-десантной подготовки". В 1989 г. зачислен в отряд космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. В 2009 г. окончил Российскую академию госслужбы при Президенте РФ. **Сергей Николаевич Ревин** (523-й астронавт мира, 113-й космонавт России) родился 12 января 1966 г. в Москве. В 1989 г. окончил Московский институт электронной техники по специальности "Автоматика и электроника". Затем в качестве инженера поступил на работу в НПО измерительной техники в Калининграде (Московская обл.). С 1993 г. работал инженером в НПО "Энергия". Занимался вопросами, связанными с проектированием деятельности космонавтов и их подготовкой к натурным испы-

таниям. В 1996 г. зачислен в отряд космонавтов НПО "Энергия". **Джозеф Акаба** (Joseph M. Acaba; 488-й астронавт мира, 311-й астронавт США) родился 17 мая 1967 г. в г. Ингелвуд (штат Калифорния). В 1990 г. окончил Университет штата Калифорния со степенью бакалавра в области геологии. Через два года получил степень магистра по той же специальности в Университете штата Аризона. Работал гидрогеологом в Лос-Анджелесе, затем управляющим Карибского морского исследовательского центра на Багамских островах. С 1998 г. преподавал научные дисциплины в старших классах средней школы. В качестве волонтера "Корпуса мира" в течение двух лет работал в Доминиканской Респуб-

лике специалистом по экологическому просвещению в начальной школе. В 2004 г. зачислен в отряд астронавтов США. Работал в группе подготовки к старту и посадке КК "Спейс Шаттл" в Космическом центре им. Дж. Кеннеди.

Во время полета экспедиции МКС-31/32 планируется выполнить 38 экспериментов по девяти направлениям: 11 – биотехнология, 8 – медицина и биология, по 5 – технология и образование, 4 – геофизика, 2 – дистанционное зондирование Земли, по одному – физико-химические процессы и материалы, исследование потоков быстрых и тепловых нейтронов и физических условий в космическом пространстве. Агентство РИА Новости отправило на МКС стереофотоаппарат "Fujifilm FinePix Real 3DW3", с помощью которого космонавты сделают серию трехмерных снимков о своей жизни и работе на орбитальном комплексе.

22 мая с космодрома Канаверал стартовал частный грузовой транспортный КК "Дрэгон" ("Dragon" – дракон) американской компании из Калифорнии "SpaceX" (Space Exploration Technologies – исследование космических технологий) с помощью РН "Фалькон-9" ("Falcon" – сокол). Это первый испытательный полет корабля коммерческого

назначения, состыковавшегося со станцией. Одноразовая РН семейства “Фалькон” компании “SpaceX” – это двухступенчатая ракета “Фалькон-9” длиной около 50 м и стартовой массой 333 т, способная запускать КА массой 10,4 т. Ракета-носитель “Фалькон-9” разрабатывалась с 2005 г., это ее третий запуск, первый, демонстрационный полет состоялся 4 июня 2010 г. Корабль “Дрэгон” (длина – 6,1 м, диаметр – 3,7 м, герметичный объем – 10 м³, масса – 8 т) разработан по заказу NASA в рамках программы “Коммерческой орбитальной транспортировки” (COTS). Он предназначен для доставки на МКС грузов массой до 6 т и возврата на Землю результатов экспериментов массой до 3 т. “Дрэгон” может использоваться в нескольких модификациях: грузовой (основной вариант), лабораторный модуль (автономные полеты), пилотируемый (экипаж до 7 человек) и грузопассажирский (экипаж из 4 человек, 2,5 т грузов).

25 мая КК “Дрэгон” в автоматическом режиме осуществил сближение со станцией на расстоянии 10 м, после чего экипаж МКС захватил его манипулятором “Канадарм-2”, установленным на модуле “Транквилити”, а затем успешно пристыковал к модулю “Гармония” американского сегмента МКС. В ходе



Частный грузовой КК “Дрэгон” (США) с помощью манипулятора “Канадарм-2” стыкуется к модулю “Гармония” американского сегмента МКС. 25 мая 2012 г. Фото NASA.

полета проверялись работа бортовых датчиков, радиосвязь и управление с борта МКС. На орбиту были доставлены также капсулы с прахом трехсот человек из 19 стран, родственники которых решили таким образом сохранить память о своих родных и близких. Космические похороны организовала компания “Celestis Inc”. Корабль привез на МКС, в частности, 520 кг одежды, оборудование для экспериментов, в течение четырех дней астронавты разгружали его и заполняли материалами для отправки на Землю.

31 мая астронавты А. Кэйперс и Дж. Акаба с помощью манипулятора “Канадарм-2” отстыковали “Дрэгон” от МКС и отвели корабль на безопасное расстояние от

станции. В этот же день “Дрэгон” совершил посадку в Тихом океане примерно в 740 км к юго-западу от Лос-Анджелеса (штат Калифорния), после чего корабль достали из воды, погрузили на судно и отправили в компанию “SpaceX” на испытательный полигон в штате Техас.

1 июля совершил посадку экипаж МКС-31 – О.Д. Кононенко (Россия), А. Кэйперс (ESA, Голландия) и Д. Петтит (США) – в спускаемом аппарате КК “Союз ТМА-03М”. Длительность экспедиции – 192 сут. Работу на станции продолжил экипаж МКС-32/33 – Г.И. Падалка, С.Н. Ревин (Россия), Дж. Акаба (США).

15 июля осуществлен запуск экипажа 32-й основной экспедиции – Ю.И. Маленченко (Рос-



Экипаж 32-й основной экспедиции на МКС – А. Хошиде (Япония), Ю.И. Маленченко (Россия), С. Уилльямс, Дж. Акаба (США), Г.И. Падалка и С.Н. Ревин (Россия). Фото NASA.

сия), С. Уилльямс (США) и А. Хошиде (Япония) – на КК “Союз ТМА-05М”. Ю.И. Маленченко в пятый раз отправился на орбиту, С. Уилльямс и А. Хошиде – во второй. Они работали в составе экипажа МКС-32/33 в течение полугода, в программе полета – 43 эксперимента. **17 июля** КК “Союз ТМА-05М” состыковался с МКС.

Юрий Иванович Маленченко (308-й астронавт мира, 78-й космонавт России) родился 22 декабря 1961 г. в г. Светловодске Кировоградской области (Украина), полковник ВВС РФ. В 1983 г. окончил Харьковское высшее военное авиационное училище летчиков им. С.И. Грицевца. В 1983–1986 гг. служил командиром авиационного звена

в Одесском военном округе в Тирасполе. За время службы налетал более 830 ч и выполнил 150 прыжков с парашютом. В 1987 г. зачислен в отряд космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. В 1993 г. окончил Военно-воздушную инженерную академию им. Н.Е. Жуковского. **Сунита Уилльямс** (Sunita L. Williams; 451-й астронавт мира, 284-й астронавт США) родилась 19 сентября 1965 г. в г. Эвклид (штат Огайо), командер ВМС США. В 1987 г. окончила Военно-морскую академию США, получила степень бакалавра наук по физике. В 1987–1998 гг. служила в ВМС США, участвовала в боевых походах и испытаниях нескольких типов вертолетов. Имеет квалификацию офицера-водолаза. В 1993 г.

окончила Школу летчиков-испытателей ВМС США. В 1995 г. в Технологическом институте Флориды получила степень магистра наук по управлению. В 1998 г. зачислена в отряд астронавтов США. В 2000–2002 гг. работала в Отделении робототехники NASA. **Акихико Хошиде** (Akihiko Hoshide; 478-й астронавт мира, 7-й астронавт Японии) родился 28 декабря 1968 г. в Токио. В 1992 г. получил степень бакалавра наук по машиностроению в Университете Кейо, а затем – магистра наук по аэрокосмическому машиностроению. В 1992–1994 гг. работал в отделе NASDA в Нагое, принимал участие в разработке РН “Н-II”. В 1994–1997 гг. – в Отделе использования космического пространства, с 1997 г. – в Отделе астронавтов NASDA. В 1999 г. зачислен в отряд астронавтов NASDA. В 2004–2006 гг. проходил подготовку в Космическом центре им. Л. Джонсона NASA, работал в ЦУП оператором связи с экипажем МКС.

Работу на станции продолжил экипаж МКС-32/33 – Г.И. Падалка, С.Н. Ревин, Ю.И. Маленченко (Россия), Дж. Акаба, С. Уилльямс (США) и А. Хошиде (Япония).

Пресс-релизы Роскосмос, ЦУП-М, NASA и ESA, февраль – июль 2012 г.
С.А. ГЕРАСЮТИН

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ		70336 <small>(индекс издания)</small>								
	на <u>газету</u> на <u>журнал</u>		Количество комплектов								
Земля и Вселенная <small>(наименование издания)</small>		на <u> </u> год по месяцам:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		_____		_____							
		<small>(почтовый индекс)</small>		<small>(адрес)</small>							
Кому		_____									
		<small>(фамилия, инициалы)</small>									

		ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА									
				70336 <small>(индекс издания)</small>							
на <u>газету</u> на <u>журнал</u>		Количество комплектов									
Земля и Вселенная <small>(наименование издания)</small>		на <u> </u> год по месяцам:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		_____		_____							
		<small>(почтовый индекс)</small>		<small>(адрес)</small>							
Кому		_____									
		<small>(фамилия, инициалы)</small>									

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”*

(II полугодие 2012 г.) во всех отделениях связи.

*Подписаться можно и по Интернету,
воспользовавшись каталогом журналов
на сайте Почта России.*

Подписной индекс – 70336.

**Заведующая редакцией Г.В. Матросова
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин**

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина

Литературный редактор О.Н. Фролова

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректор Г.В. Печникова

Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 05.07.2012. Подписано в печать 29.08.2012. Формат бумаги 70 × 100^{1/16}
Офсетная печать. Уч.-изд.л. 12,1 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отг. 3,4 тыс. Бум.л. 3,5

Тираж 360 Зак. 425

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 119049, Москва, Мароновский пер., 26

Телефоны: (факс) (499) 238-42-32, 238-29-66

E-mail: zevs@naukaran.ru

Оригинал-макет подготовлен АИЦ “Наука” РАН

Отпечатано в ППП “Типография “Наука”,

121099 Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"
Индекс 70336