

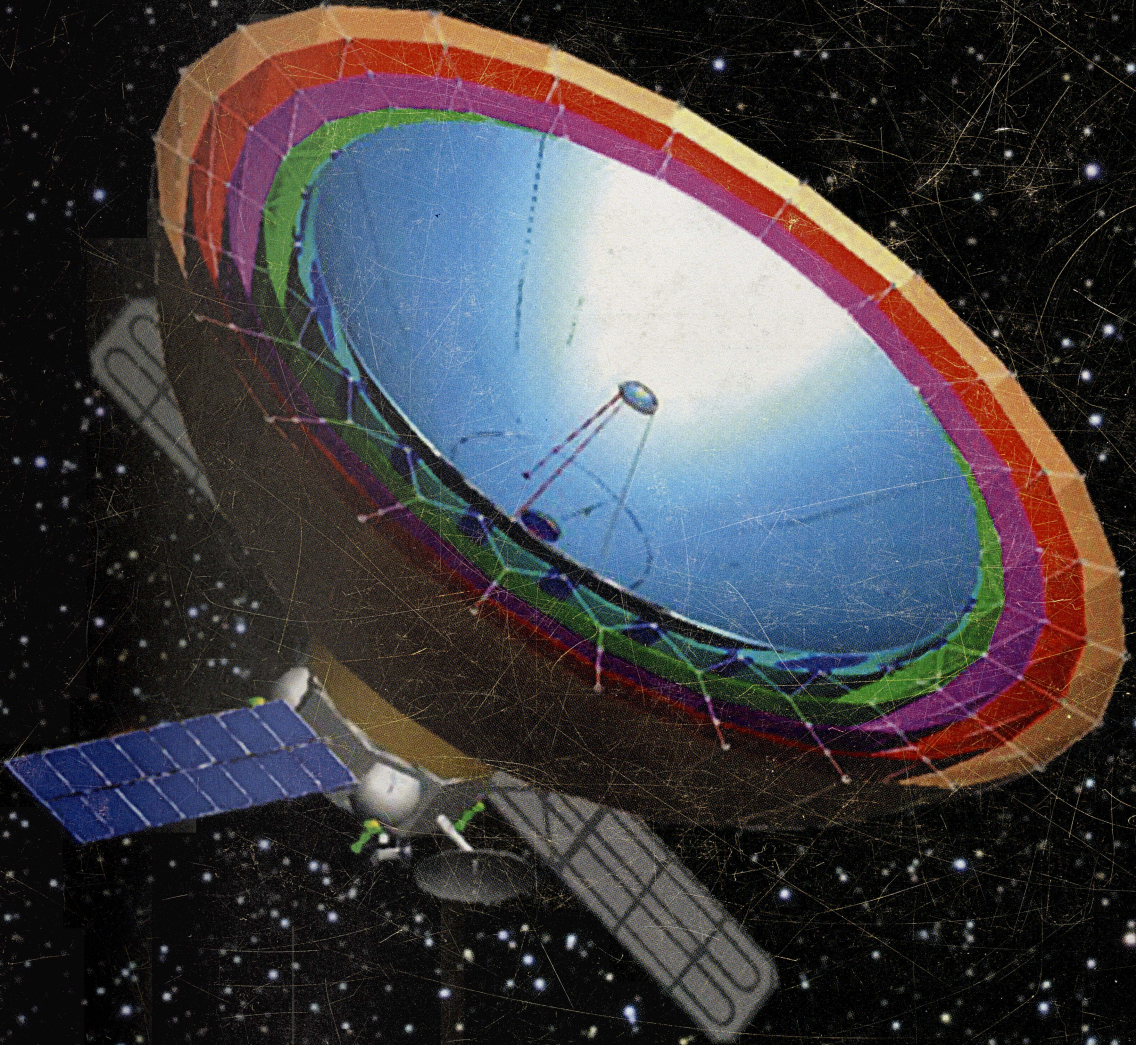
ISSN 0044-3948

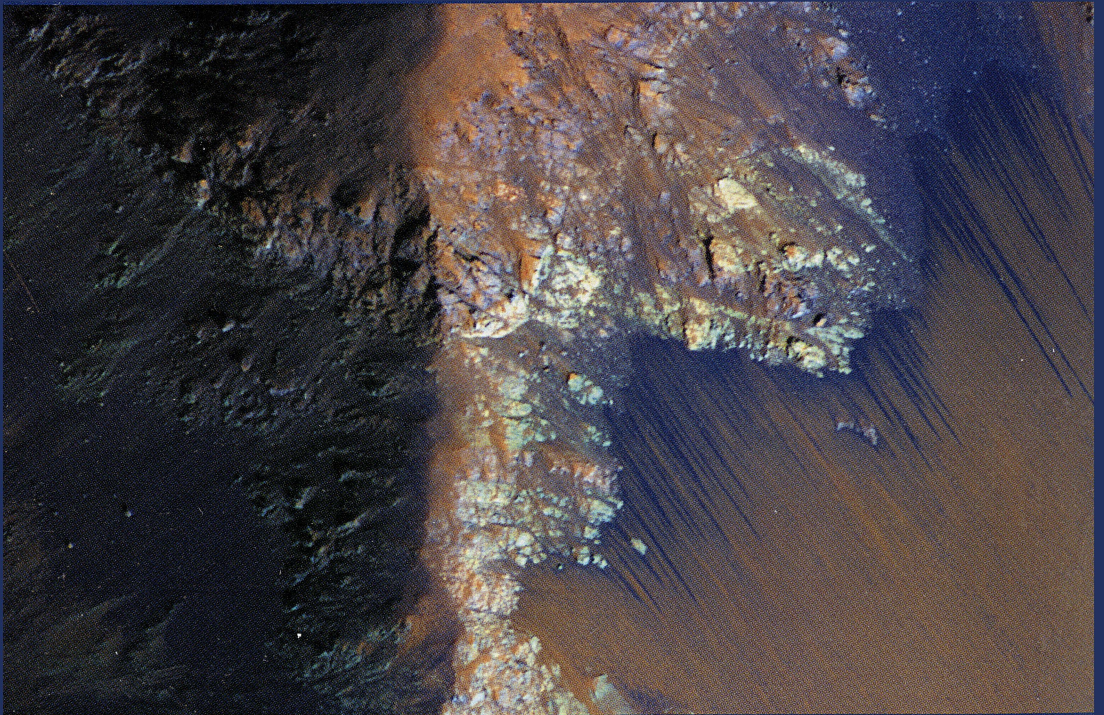
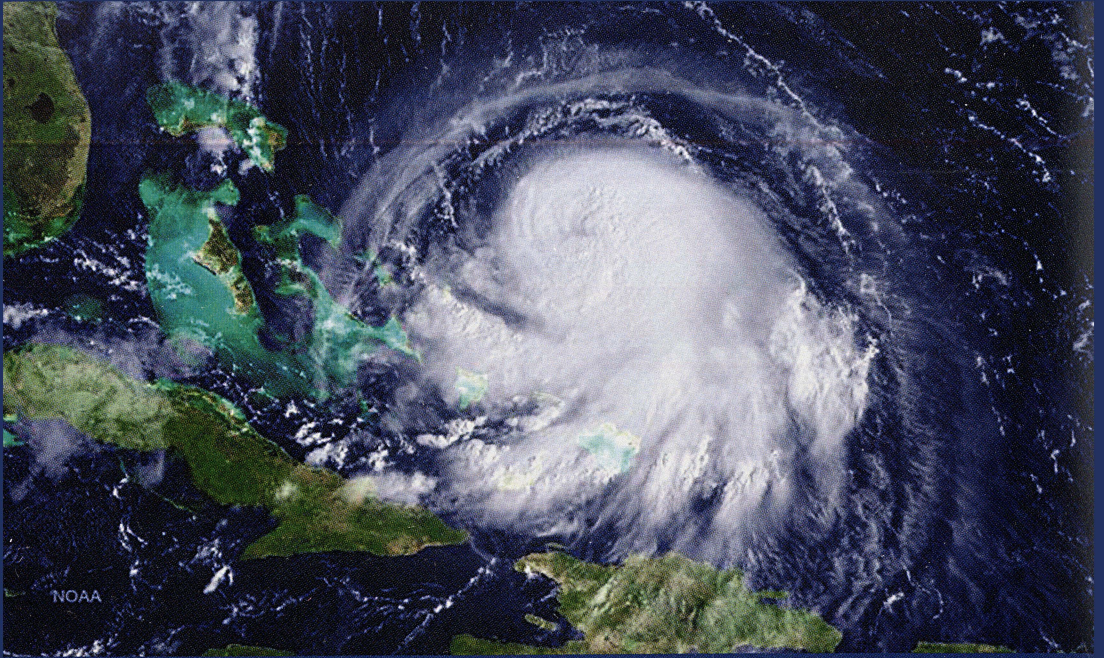
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ

1/2016





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

1/2016

Новости науки и другая информация: Новые данные о Плутоне и Хароне [13]; Солнце в августе–сентябре 2015 г. [21]; Ураган Хоакин [24]; Черная дыра массивнее ожидаемого [78]; Звездообразование в комплексе Хербига–Аро 24 [87]; КТХ: Туманность Вуаль [92]; Проект “Миллиметр” [104]; Поиски гравитационных волн [105]; Жидкая вода на Марсе [106]; Детали эволюции массивных галактик [107]; Метеоспутник-обсерватория [108]; Продолжение исследований кометы Чурюмова–Герасименко [109]

В номере:

- 3 САЧКОВ М.Е. Современное состояние метеорной астрономии
25 ПЕРОВ С.П., КОСТКО О.К. Нижняя ионосфера (натурные эксперименты)

ЛЮДИ НАУКИ

- 40 Исследователь странников Вселенной (к 70-летию профессора М.И. Панасюка)
47 ШУСТОВ Б.М., САЧКОВ М.Е. Памяти Александра Алексеевича Боярчука

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 54 ЖЕЛНИНА Т.Н. Из истории орбитальных станций до 1957 г. (окончание)

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 68 БОЧКАРЁВ Н.Г., САМУСЬ Н.Н. Юбилей АстрО

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 79 УГОЛЬНИКОВ О.С. Астрономическая олимпиада-2015

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 88 ЩИВЬЁВ В.И. Небесный календарь: март – апрель 2016 г.

КОСМОДРОМЫ МИРА

- 93 ГЕРАСЮТИН С.А. Байконуру – 60!



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 Editor V.K. Abalakin; Deputy Editor V.M. Kotlyakov; Deputy Editor S.P. Perov

На стр. 1 обложки: Российская космическая обсерватория "Миллиметр" с 10-м зеркалом телескопа. Рисунок АКЦ ФИАН (к стр. 104).

На стр. 2 обложки: Вверху – Ураган Хоакин над Атлантикой. Зеленым цветом выделены Карибские острова. Снимок сделан 29 сентября 2015 г. американским метеоспутником "GPM". Фото NASA (к стр. 24). Внизу – Следы просачивания воды на склонах Карпат каньона Долины Маринера (Valles Marineris) на Марсе. Потоки текут вдоль крутых уступов коренной породы. Снимок сделан 10 августа 2015 г. АМС "Марсианский орбитальный разведчик". Фото JPL/NASA (к стр. 105).

На стр. 3 обложки: Комплекс Хербига – Аро 24 с шестью газовыми струями, исходящими из небольшого скопления молодых звезд в молекулярном облаке (созвездие Ориона). Снимок получен 25 сентября 2015 г. с помощью 8-м телескопа Обсерватории Джемми в Чили (к стр. 87).

На стр. 4 обложки: Часть диффузной туманности Вуаль, названной Петлей, или Рыбачьей сетью (NGC 6992) размером 11 св. лет – это большой остаток сверхновой в созвездии Лебедя (расстояние – 2100 св. лет). Яркие структуры возникли от столкновения ударной волны и раскаленного газа (красный цвет – ионизованный водород, зеленый – атомы серы, синий – кислорода). Мозаика из снимков, полученных КТХ 14–17 апреля 2015 г. Фото NASA (к стр. 92).

In this issue:

- 3 SACHKOV M.E. Modern State of the Meteor Astronomy
25 PEROV S.P., KOSTKO O.K. Lower Ionosphere (in-situ experiments)

PEOPLE OF SCIENCE

- 40 Researcher of Universe Wanderers (to the 70th Anniversary of Professor M.I. Panasyuk)
47 SHUSTOV B.M., SACHKOV M.E. To the memory of Alexander Alekseyevich Boyarchuk

HISTORY OF SCIENCE

- 54 ZHELNINA T.N. From the History of Orbital Stations before 1957 (conclusion)

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 68 BOCHKAREV N.G., SAMUS N.N. Jubilee of AstrO

ASTRONOMICAL EDUCATION

- 79 UGOLNIKOV O.S. Astronomy Olympiad-2015

AMATEUR ASTRONOMY

- 88 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: March–April 2016

COSMODROMES OF THE WORLD

- 93 GERASYUTIN S.A. Baikonur turns 60!

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН,
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ,
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ,
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,
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 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

Современное состояние метеорной астрономии

М.Е. САЧКОВ,
доктор физико-математических наук
ИНАСАН

Исследованием свойств метеорных тел, их взаимодействием с земной атмосферой занимается метеорная астрономия. Важнейший вклад в метеорные исследования внес выдающийся русский астроном Ф.А. Бредихин



(1831–1904), развивший идеи о происхождении метеорных потоков из ядер комет. Применение новых современных методов регистрации метеорных тел значительно обогатило наши знания о загадочных “падающих звездах”.

МЕТЕОРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Светящийся след на ночном небе, похожий на “падающие звезды”, принято называть термином “метеор”. Метеоры (с древнегреческого – “небесный”) возникают при попадании в земную атмосферу из космоса мелких твердых частичек (например, осколков комет или астероидов), которые нагреваются и сгорают. По сути, мы наблюдаем светящуюся полосу разогретого возду-

ха вдоль пути движения такой частички. Часто этим же словом, что не вполне корректно, именуют и саму частичку. Ее правильнее называть “метеороидом”. Таким образом, метеороид – это твердое небесное тело, которое при взаимодействии с атмосферой планет (не обязательно Земли) вызывает явление метеора. Метеороиды обращаются по орбитам вокруг Солнца и занимают промежуточное положение

между астероидами и межпланетной пылью. Хотя орбиты метеороидов занимают весь объем межпланетного пространства, мы видим только те из них, чья траектория движения пересекает орбиту Земли.

При входе в атмосферу планеты метеороид тормозится и разогревается от трения до высоких температур. Под действием налетающих частиц воздуха он теряет атомы со своей по-



верхности и, в конце концов, полностью разрушается. Этот процесс получил название “абляция”. Энергия движения метеороида преобразуется в световое излучение, кроме того, происходит свечение паров и газов метеорного тела. Яркость метеора зависит от его массы и плотности, скорости и угла влета в атмосферу и других факторов. Метеоры с очень высокими световыми эффектами называют “болидами”.

Движущиеся по общей орбите большое число метеороидов образуют метеорный поток (метеорный рой). Рои летят в пространстве по стабильным орбитам, Земля пересекает их каждый

год примерно в одно и то же время. Некоторые метеорные потоки довольно широкие и занимают большое пространство в космосе, их прохождение в районе нашей планеты длится несколько дней или даже недель. Другие метеорные рои появляются не при каждом пересечении Землей их орбиты. Это объясняется их структурой: частицы в недавно образовавшихся (молодых) роях сосредоточены в ограниченном объеме пространства и создают сгущение на определенных участках орбит. При встрече нашей планеты с такими компактными роями образуются “метеорные дожди”, когда можно видеть до нескольких сотен

Метеорный рой на фоне Млечного Пути.

метеоров в час. Различная активность метеорных потоков объясняется неравномерностью распределения метеороидов на орбите. Конечно, возможность наблюдения того или иного потока зависит от направления прихода частиц к Земле. Например, если центр потока встретился с атмосферой высоко в Северном полушарии небесной сферы, то в Южном полушарии Земли невозможно увидеть такой поток.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

В настоящее время известно несколько сценариев исчезновения метеорных потоков, наблюдаемых с Земли. Один из них состоит в том, что рой метеоритов, регулярно пересекающий орбиту Земли, с течением времени "иссыкает". Поток теряет метеорное вещество, сгорающее в земной атмосфере, становится слабее раз за разом и, наконец, пропадает совсем. По всей видимости, не принадлежащие ни к каким потокам одиночные метеоры – остатки ранее существовавших потоков. Другой причиной истощения метеорных потоков считается солнечное излучение. С течением времени метеорные рои растягиваются вдоль своих орбит, расширяются и, в конечном счете, распадаются под воздействием эффектов Пойнтинга – Робертсона – Радзиевского. Эффект медленного падения частичек по спирали к Солнцу был описан в 1903 г. английским физиком Дж.Г. Пойнтингом и объяснен с точки зрения общей теории относительности его соотечественником Г. Робертсоном в 1937 г. Суть этого эффекта, заставляющего пылевую частицу терять скорость, состоит в следующем. Движущаяся по орбите пылинки непрерывно поглощает фото-

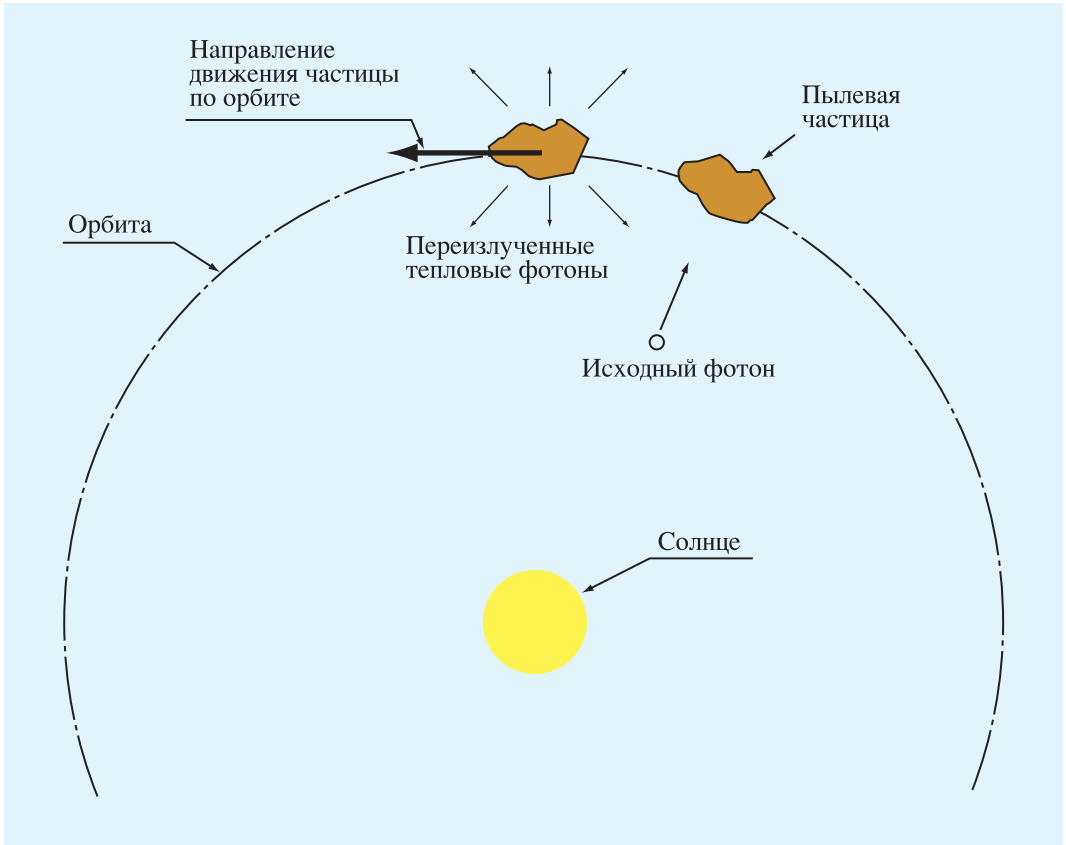
ны, идущие от Солнца в направлении, перпендикулярном орбите, а переизлучает их в виде тепловых квантов в разные стороны симметрично, но в своей системе отсчета. В неподвижной относительно Солнца системе отсчета эти кванты будут излучаться преимущественно в направлении движения частицы. По закону сохранения импульса частица будет тормозиться и сближаться с Солнцем. При этом на частицу одновременно действует световое давление, которое отталкивает ее от Солнца. В результате взаимодействия этих сил самые малые каменные частицы, размером менее половины микрона, выносятся из Солнечной системы, а частицы размерами несколько микрон приближаются от Земли к Солнцу в течение нескольких тысяч лет, после чего, не долетев до Солнца, испаряются. В 1950 г. советский астроном В.В. Радзиевский выявил существование такого же эффекта (планетоцентрический эффект Пойнтинга – Робертсона) для частиц, движущихся вокруг планет. У таких частиц сокращается орбита вследствие переизлучения солнечной радиации.

Узкие метеорные потоки могут изменять свои орбиты под влиянием других планет, особенно Юпитера. Вследствие

таких изменений потоки с Земли уже не видимы. Такой процесс занимает тысячи и даже сотни тысяч лет, но он работает постоянно и неумолимо.

Исследование метеорных потоков – весьма сложная и трудоемкая задача. Любое метеорное явление уникально и никогда не повторяется. Для точного и детального изучения пространственной структуры метеорных потоков, уточнения параметров старых и поиска новых необходим постоянный мониторинг неба. Он крайне важен для изучения свойств их родительских тел, комет и астероидов. Необходимо определять их характеристики: яркость, скорость движения, параметры орбиты, высоту загорания в земной атмосфере. Эта высота зависит от массы метеороида и скорости его входа в атмосферу. Масса метеороида определяется по интегральной яркости метеора в результате наблюдений болидов.

Быстрые метеоры начинают свечение в разреженной атмосфере на высоте около 120 км, а полное их затухание происходит приблизительно на высоте 80 км. Медленные метеоры сгорают в более плотных слоях атмосферы – примерно на высоте 60 км. Глубже всего в атмосферу проникают массивные метеороиды с малыми скоростями, они полностью



сгорают на высоте 40 км и ниже. Достигшее высоты 20 км небесное тело тормозится до менее 5 км/с и может упасть на поверхность Земли в виде метеорита. Масса такого тела до его входа в атмосферу должна быть более 10 кг.

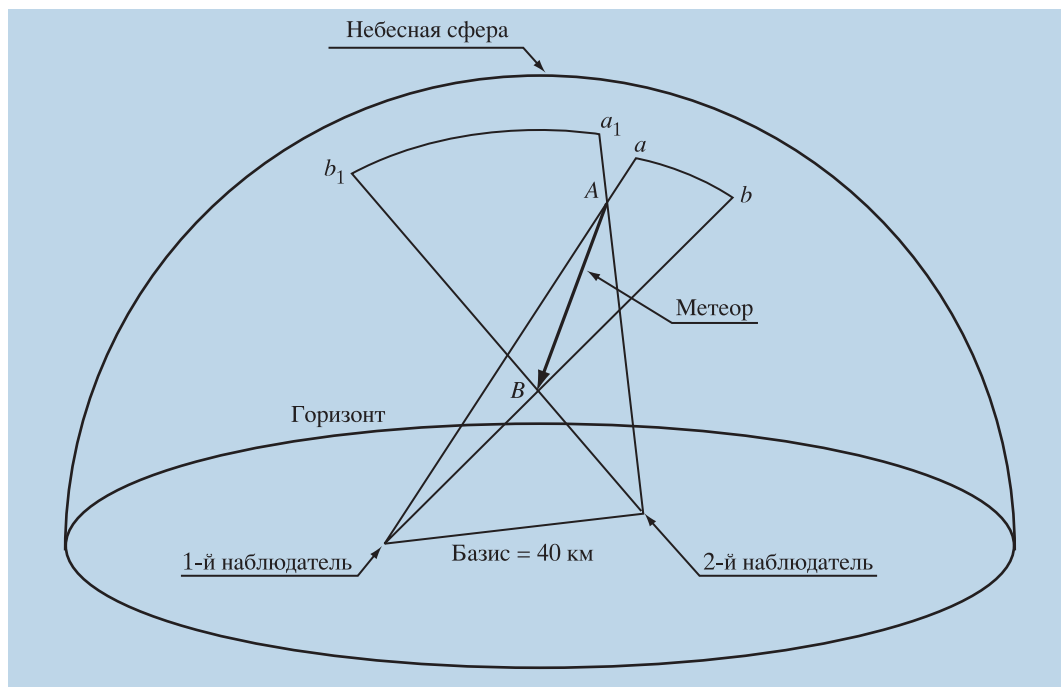
Принадлежащие Солнечной системе малые тела в районе орбиты Земли движутся со скоростями, не превышающими 42 км/с (третья космическая скорость). Тело, движущееся быстрее, обладает кинетической энергией, превышающей энергию притяжения на-

шего светила, и покидает Солнечную систему. Учитывая, что скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца 30 км/с, максимальная скорость входа метеороида – члена Солнечной системы – в земную атмосферу достигается при его “лобовом” столкновении с нашей планетой и не превышает 72 км/с. Большую величину имеют тела, прилетевшие из межзвездного пространства. Наблюдения показали, что у всех метеороидов это значение заключается в пределах 11,2–72 км/с. Были сде-

Эффект Пойнтинга – Робертсона. Идущие от Солнца фотоны поглощаются частичками. При переизлучении фотоны сохраняют в среднем направление движения частицы и уносят с собой часть ее углового момента.

ланы выводы, что они – члены Солнечной системы. Скорость 11,2 км/с имеют тела, движение которых вызвано только притяжением Земли.

Следует отметить, что часть метеорных тел влетает в атмосферу со скоростью меньше 11,2 км/с.



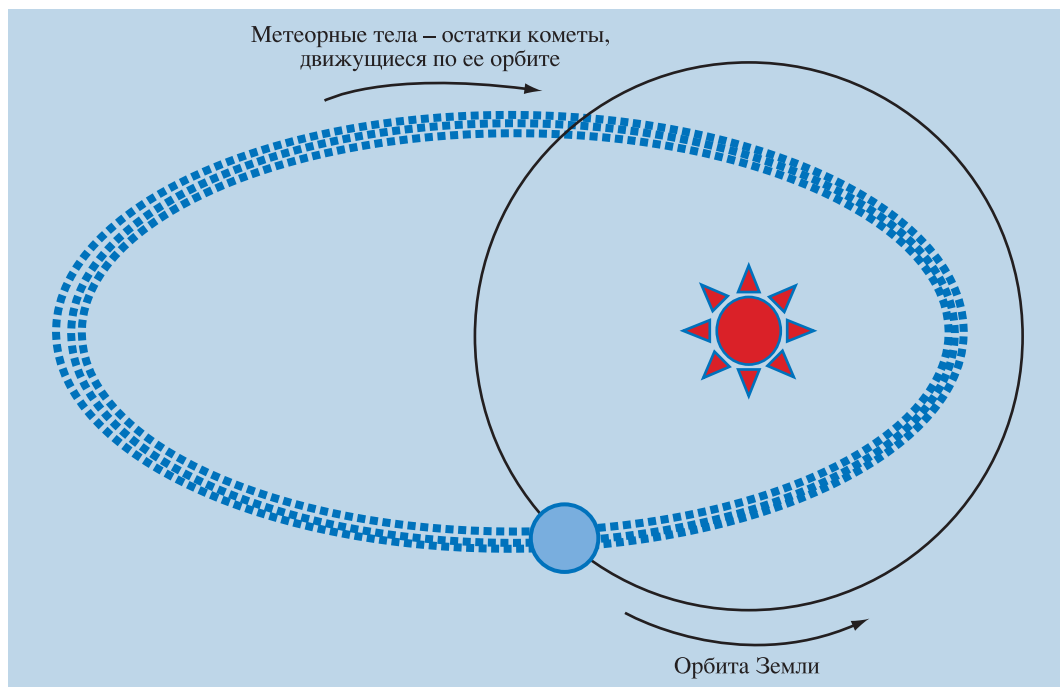
Базисные наблюдения метеоров. Два исследователя, находящиеся на расстоянии 40 км друг от друга, видят явление метеора (линия АВ) в проекции на небесную сферу в различных местах (ab и a_1b_1). Сравнение этих двух положений метеора позволяет определить любую точку метеорного пути.

Это “космический мусор” – не функционирующие искусственные спутники Земли, отработанные последние ступени ракет, разгонные блоки и их фрагменты. Космический мусор при взаимодействии с верхними слоями атмосферы Земли тормозится, переходит на более

низкие орбиты и сгорает при входе в плотные слои атмосферы. Такие тела сгорают в земной атмосфере так же как метеороиды, вызывая сходное явление. Селекция метеоров по скоростям – надежный критерий отличия метеорных событий от космического мусора. Отслеживание, как сгорает космический мусор, важен для прогнозирования опасности столкновения космических аппаратов, особенно пилотируемых, при запуске и их полете на орбитах, а в условиях техногенного загрязнения околоземного космического пространства актуальность таких исследований постоянно растёт.

МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ

На протяжении многих десятилетий основным способом получения информации о метеорах были визуальные наблюдения. Невооруженный глаз человека способен видеть звезды ярче 6^m , а метеоры ярче 4^m . Напомним, что разделение звезд по звездным величинам было предложено во II в. до н.э. Гиппархом. Самые яркие звезды причислены к звездам первой величины, а самые слабые – шестой. Остальные звезды Гиппарх равномерно распределил по промежуточным величинам. Яркость звезд первой и шестой величин отличается в 100 раз. Применение не-



больших оптических инструментов (биноклей, бинокляров, подзорных труб, кометоискателей), позволяющих собрать больше света от исследуемого объекта, чем человеческий глаз, и соответственно зарегистрировать более слабые объекты, поднимает предел метеорного обнаружения до 9^м. Применение “классических” телескопов для метеорной астрономии практически невозможно: такие телескопы имеют очень маленькое поле зрения, и вероятность фиксации метеоров ничтожна. Ограниченное использование широкоугольных телескопов с гораздо большим полем зрения позволило увеличить предел метеорных пото-

ков средней и высокой активности при визуальных наблюдениях до 12^м. С помощью данных методов решаются задачи по регистрации видимых характеристик метеоров, таких как яркость, видимая угловая скорость и цвет, определяются функции распределения метеоров по светимости и массам.

Астрономы изучили суточную и сезонную переменность численности метеоров и определили пространственную плотность полета метеорных тел. Сделана оценка поступления внеземного вещества на Землю: оказалось, что ежедневно на Землю его выпадает до 150 т. Много это или мало? В год наша планета “тяжелеет” прибли-

Метеорный поток образуется, когда Земля встречается с орбитами комет.

тельно на 55 тыс. т, за 4,5 млрд лет приток вещества составил $2,5 \times 10^{14}$ т. Конечно, мы упростили задачу, посчитав, что за все время существования Земли она “прибавляла в весе” с постоянной скоростью. От общей массы Земли (6×10^{21} т) такой приток составляет менее одной двадцатимиллионной части и не играет никакого значения в эволюции Земли в современный период. На ранних этапах эволюции Солнечной системы выпадение на Землю остатков протопланетного пы-

левого облака и более крупных фрагментов, несомненно, играло значительную роль не только в увеличении массы, но и в ее разогреве. Оценки метеорного вещества, выпадающего на Землю, полученные различными учеными, отличаются на порядок. Их уточнение – задача ближайшего будущего.

В последние годы определено положение радиантов слабых потоков и выявлены новые потоки: на звездные карты наносятся пути прохождения метеоров с последующим определением их координат радиантов.

Визуальные наблюдения – пожалуй, самые трудоемкие в астрономии, требующие длительного и постоянного внимания. В значительной степени они накоплены благодаря усилиям астрономов-любителей. Следует отметить, однако, что в силу физиологических особенностей человеческого глаза как инструмента регистрации метеорных явлений, результаты таких наблюдений в определенной степени субъективны. Например, слабые метеоры кажутся глазу заметно менее яркими, чем на самом деле, поэтому профессиональные астрономы прекратили визуальные наблюдения метеоров еще в середине прошлого века. Для точного определения ярко-



Академик Ф.А. Бредихин – основатель русской школы метеорной астрономии.

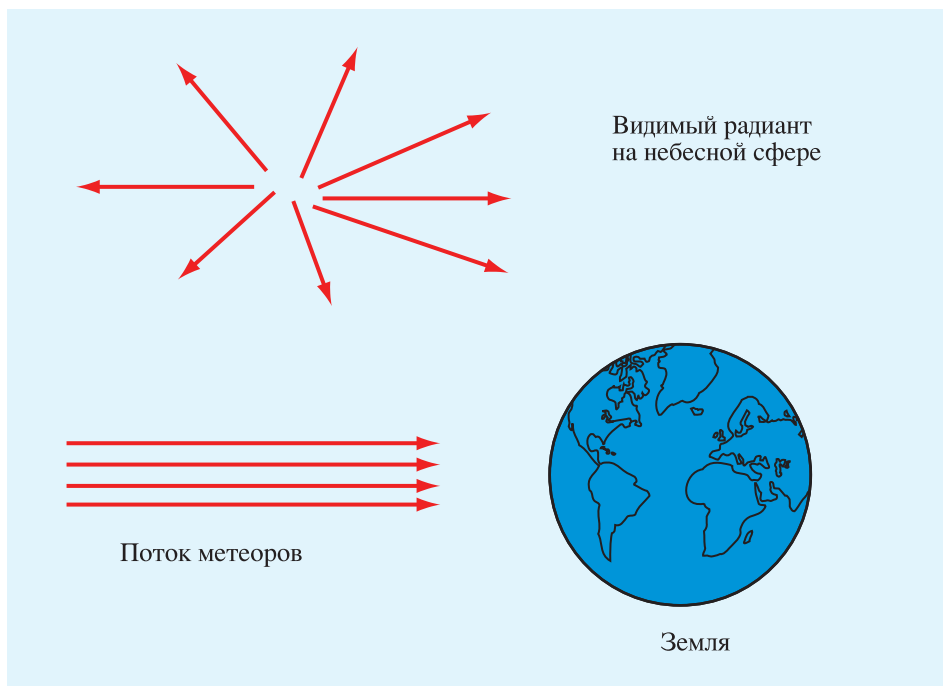
сти метеоров, высоты и скорости их полета необходима специальная техника.

Методы фотографической регистрации метеоров стали применяться вскоре после изобретения фотографии. В 1885 г. в Праге была получена первая фотография метеорного дождя Андромедид. В последующие десятилетия фототехника постоянно совершенствовалась. Для точного определения небесных координат метеора перед объективом фотокамеры устанавливалась специальная вращающаяся заслонка – обтюратор, дающая возможность регистрировать след метеора в виде пунктира с привязкой каждого штриха ко времени и позволяющая определять параметры его движения. Для увеличения поля зрения

использовались системы из нескольких фотокамер, ориентированных в разные участки неба. Для получения точной информации о траектории метеора в атмосфере, высотах, скорости, радианте, орбите, массе метеороида наиболее ценными считаются базисные наблюдения, проводимые одновременно из двух удаленных друг от друга пунктов. Оптимальное расстояние между пунктами около 40 км. Это расстояние не должно быть слишком малым, так как в этом случае снижается точность определения параметров. Но оно не должно быть и слишком большим, чтобы метеор, находящийся в поле зрения камеры одного исследователя, не оказался вне поля зрения другого. Необходимо обеспечить одновременность начала и конца экспозиций на обоих пунктах. Базисные наблюдения – одни из основных и при использовании современных телевизионных камер.

Точность фотографических методов была гораздо выше визуальных, что позволило получить новые результаты.

Фотографическими методами были зарегистрированы спектры метеоров, позволившие получить представление о химическом составе метеороидов. Самый первый спектр был получен в 1897 г. на обсерватории



в Аревипе (Перу) случайно. Три следующих спектра получил астроном Московской обсерватории С.Н. Блажко (позднее член-корреспондент АН СССР) в 1904–1907 гг. Начиная с 1930-х гг. спектральные исследования метеоров проводятся систематически. Их химический состав был сравнен с данными о химическом составе метеоритов, комет и астероидов. В большинстве случаев спектральный метод дает удовлетворительное согласие с лабораторными определениями химического состава каменных метеоритов – хондритов.

Предел разрешения снимков определяется низкой чувствительностью фотоматериалов:

проникающая способность такого вида наблюдений практически соответствовала визуальным и ограничивалась 5^m . Кроме того, даже использование высокочувствительных фотоматериалов требовало затрачивать несколько десятков часов экспозиции на одной камере для получения изображения одного метеора.

Способность ионизованных метеорных следов к отражению радиоволн и доступность военных радиолокаторов после Второй мировой войны дали возможность изучать метеоры с помощью радиолокационной аппаратуры. Главное преимущество радиолокации – возможность регистрации метеорных

Вследствие эффекта перспективы метеоры кажутся появляющимися из точки на небесной сфере – радианта метеорного потока.

явлений в любое время суток и при всяких погодных условиях. Наиболее четкое радиоэхо, отраженное перпендикулярно к траектории метеора, можно получить при длине радиоволн около 5 м. Сантиметровые и дециметровые волны насквозь “пронизывают” метеорные следы, на этих длинах волн исследуют сами метеороиды.

Применение радиолокации позволило расширить наши представления о структуре комплекса метеорных тел в окрест-

ности орбиты Земли и о физических процессах, происходящих в ионизованных метеорных следах, исследовать суточную и годичную вариации численности метеоров. Регистрация метеоров радиолокационными методами позволила получать данные о слабых метеорах вплоть до 16^m . Кроме того, была получена информация о строении верхних слоев атмосферы. Вследствие низкой разрешающей способности локаторов и невысокой точности угломерных измерений радиолокационные методы не нашли широкого применения в метеорной астрономии. Следует отметить, что визуальные, фотографические и радиолокационные методы исследования метеоров не конкурируют между собой, а служат взаимным дополнением. Например, отмечен важный факт, что распределения метеорных орбит по значениям их элементов различны для метеоров, регистрируемых фотографическими методами и радиолокацией. Причина такого различия заключается в том, что радиолокационным методом регистрируются более слабые метеоры, чем фотографическим, а, следовательно, данные этого метода относятся к гораздо более мелким телам, чем данные фотографического метода.

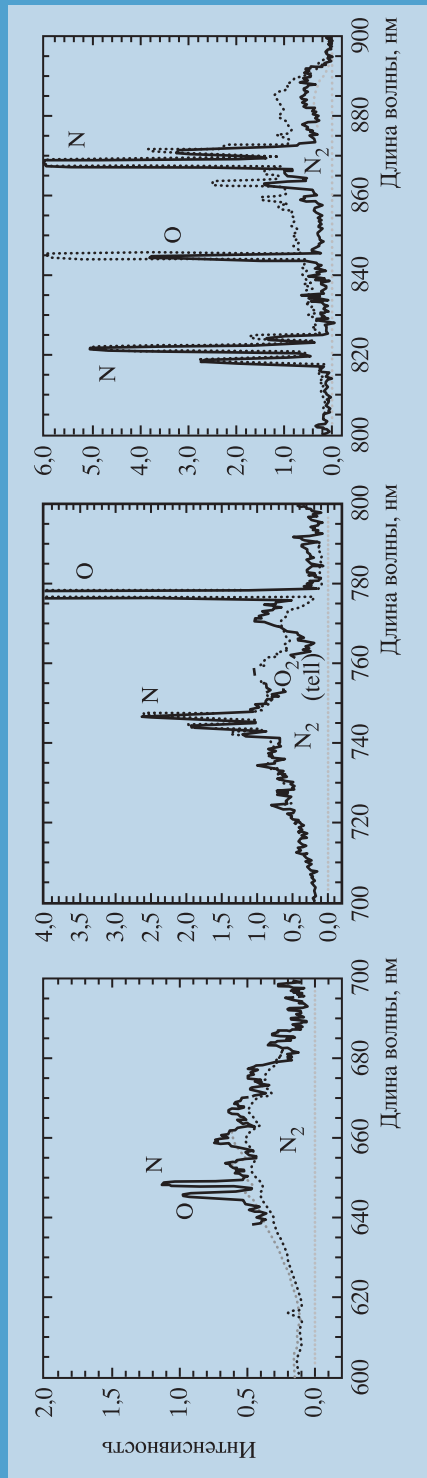
Наиболее эффективными инструментами для метеорных наблюдений в настоящее время считается аппаратура, использующая оптоэлектронные приемники излучения, включая приборы с зарядовой связью. Важнейшее преимущество таких методов – их высокие чувствительность и временное разрешение. Квантовый выход современных ПЗС-приемников в оптическом диапазоне длин волн достигает 98% (!), а компьютерная обработка позволяет проводить наблюдения в реальном времени и с использованием коротких экспозиций. Благодаря этим особенностям в настоящее время возможно точно определять почти все параметры метеоров: яркость, время и скорость пролета, положение и метеорные спектры. Удалось существенно повысить проникающую способность метеорных наблюдений, в частности объектов, движущихся с большими видимыми скоростями. Кроме того, появилась возможность выявления быстрых изменений блеска метеоров и их следов. Использование широкоугольных телескопов позволяет регистрировать очень слабые метеоры.

С развитием космической техники для изучения метеоров стали применяться внеатмо-

сферные методы: с помощью датчиков, фиксирующих удары метеорных тел или ведущих сбор пылинок в верхней атмосфере Земли. Следует отметить, что эти методы очень затратны для массового использования, поэтому результаты космических исследований метеоров весьма ограничены.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТЕОРНОЙ АСТРОНОМИИ

Со времен возникновения метеорной астрономии и до настоящего времени получено множество результатов, расширивших наше представление о метеорных явлениях и составе метеоров. Изучены динамические характеристики метеоров, исследован их элементный состав, размеры, плотность и масса, а также физические процессы, связанные с разрушением метеоров в атмосфере Земли. Наши представления основаны на изучении физических свойств атмосферы Земли на высотах их загорания (80–120 км). Частично решен вопрос о механизмах возникновения метеороидных тел – доказана их генетическая связь с кометами, но не с астероидами: метеорные тела потоков – не что иное, как продукты разрушения комет.



Спектры метеоров, зарегистрированные в Европейской Южной Обсерватории. Согласно модели, температура атмосферы 4600 °C и высота метеорного явления 95 км. Спектры получены 30 июля 2004 г. ЕЮО.

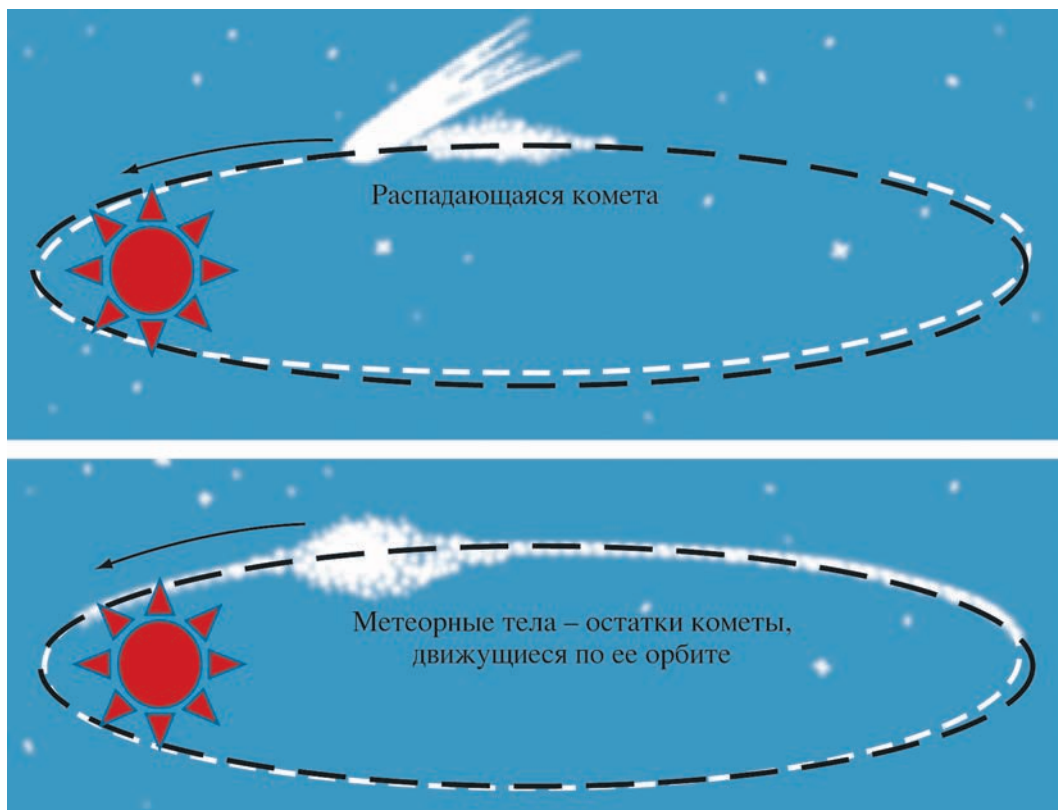


Схема превращения распадающегося ядра кометы в поток метеорных частиц.

Приведу один показательный пример. В 1846 г. астрономы наблюдали распад на две части кометы Биэлы (3D/Biela, период обращения – 6,5 лет), открытой в 1826 г. австрийским астрономом-любителем Вильгельмом фон Биелой. Очередное появление этой кометы в 1872 г. не состоялось, зато астрономы стали свидетелями мощного метеорного дождя, который повто-

рился через тринадцать лет в 1885 г. Этот поток получил название Андромедиды, а комета Биэлы относится к числу утерянных – она с тех пор более не наблюдалась. Скорее всего, она распалась на части, дав начало метеорному потоку Андромедид. Со знаменитой кометой Галлея связаны два метеорных потока: гамма-Аквариды (май) и Ориониды (октябрь). Это объясняется тем, что орбита Земли пересекается с орбитой кометы не в одной точке, а в двух.

Что касается спорадических метеоров, то они,

скорее всего, – остатки распавшихся метеорных потоков. На основе базисных наблюдений найдено большое количество орбит индивидуальных метеоров и изучено их движение, также получено представление о распределении метеорного вещества в межпланетном пространстве. Было составлено множество каталогов метеорных потоков. Однако, несмотря на достаточно большой объем знаний о метеорах, многие вопросы метеорной астрономии не до конца решены и остаются актуальными. Более половины всех регистрируемых метеоров



Метеорный поток Геминиды. Его можно наблюдать с 7 декабря, максимальная его активность (от 30 до 100 метеоров в час) приходится на ночь с 13 на 14 декабря. Внизу – место радианта потока на небесной сфере.

нельзя соотносить с каким-либо известным существующим потоком. В то же время большая часть таких неотожествленных метеоров потенциально принадлежат к определенным потокам, о которых современная астрономия не имеет практически никаких представлений, что относится к важным проблемам.

Следует отметить, что, несмотря на многолетние исследования, объем полученных данных считается весьма ограниченным. Основная их масса относится к сильным метеорным потокам, более удобным для проведения визуальных и фотографических наблюдений. Малоактивные слабые потоки в большинстве своем остаются “белым пятном”, а без их изучения невозможно исследовать эволюцию метеорного вещества детально. В связи с этим многие задачи метеорной астрономии, сформулированные еще более полувека назад, остаются актуальными и по сей день. К ним следует отнести изучение процессов эволюции метеорных потоков, движения и распределения метеорного вещества в Солнечной системе, а также исследование взаимоотношения метеороидов и их “родительских тел” – комет и астероидов.

РОЛЬ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ АСТРОНОМИИ В МЕТЕОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Метеорные исследования – это та область современной астрономии, серьезный вклад в которую могут сделать не только профессиональные астрономы, но и астрономы-любители. Для увеличения эффективности исследований, проводимых любителями астрономии, необходима координация их деятельности. С этой целью образованы и успешно работают общества: Голландское метеорное общество (Dutch Meteor Society), Международная метеорная организация (International Meteor Organization, Германия), Японское метеорное общество (Nippon Meteor Society) и ряд других. Среди них наиболее весомым и авторитетным является Международная метеорная организация (ММО).

С самого начала своей деятельности ММО уделяет особое внимание созданию баз данных зарегистрированных метеорных событий. Результаты измерений включают в себя совокупность данных, полученных с помощью визуальных, телескопических, фото-, видео- и радионаблюдений, а также болидных сетей со всего мира. Это позволяет разносторонне изучать метеорные явления и их связь с ко-

метами и межпланетным веществом. База данных визуальных метеоров (VMDB) содержит в настоящее время почти 3 млн наблюдений метеоров, полученных в течение последних 15 лет.

Нужно особо отметить, что современная аппаратура, которую используют любители, практически не уступает (а иногда и превосходит) аппаратуре, используемой профессиональными астрономами. Получаемые данные зависят больше от точности производимых наблюдений. Все базы данных ММО – База данных Международного проекта по исследованию метеоров видеометодами, База данных базисных метеорных регистраций, База данных визуальных метеорных регистраций, Архив характеристик индивидуальных метеоров – открыты для всеобщего доступа.

К наиболее важным и принципиальным задачам современной метеорной астрономии относятся исследование происхождения метеорной материи и метеоритов, распределение метеорного вещества в Солнечной системе, изучение процессов эволюции метеорных потоков. Актуальными остаются задачи поиска галактических метеоров и регистрация притока метеорного вещества на Землю.

Новые данные о Плуtone и Хароне

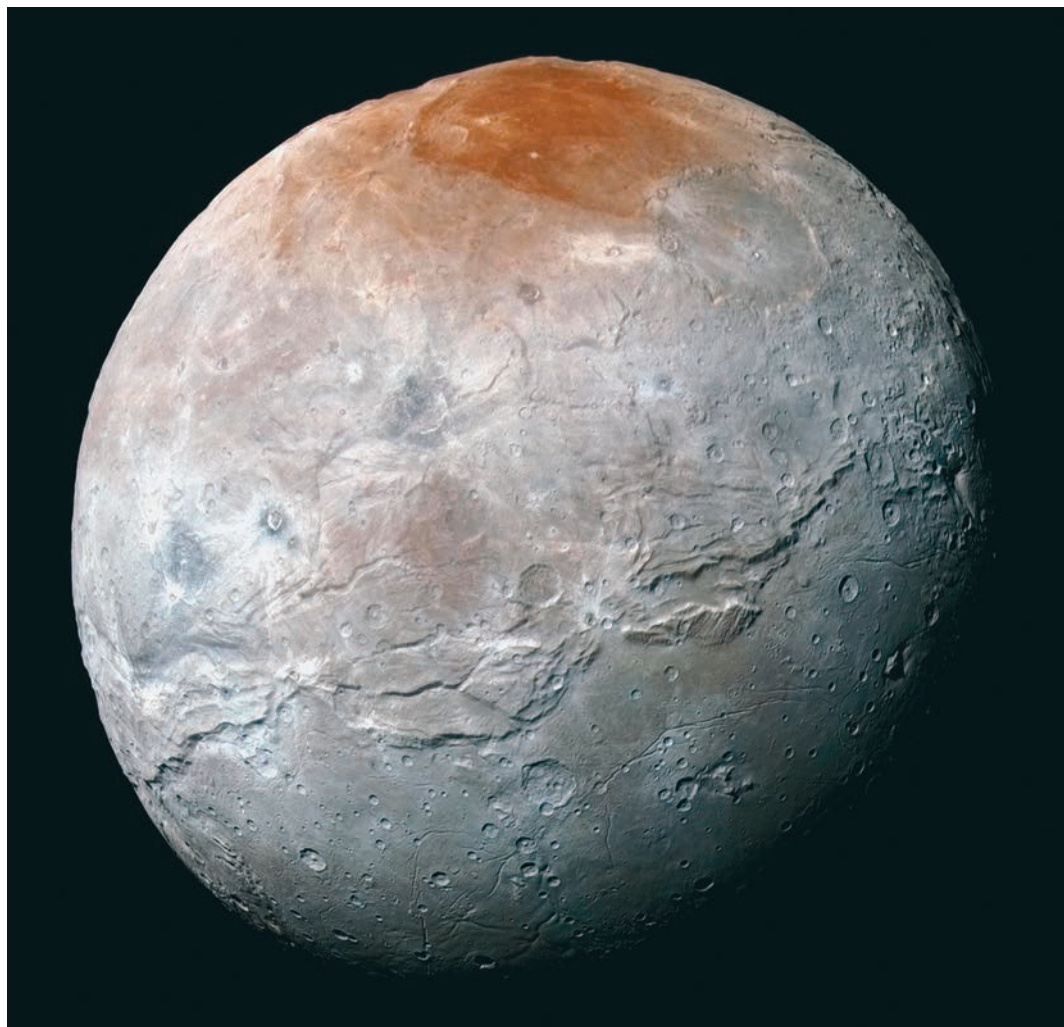
В сентябре – октябре 2015 г. АМС “Новые горизонты” передала на Землю цветные снимки высокого разрешения карликовой планеты Плутон и его крупнейшего спутника Харона, сделанные во время пролета системы 14 июля (Земля и Вселенная, 2015, № 6). Ученые смогли заглянуть в запутанную историю этих небесных тел.

Рельеф Харона оказался гораздо разнообразнее, чем многие ожидали, – кроме ударных кратеров, на поверхности спутника обнаружены высокие горы и глубокие расселины, каньоны, оползни и равнины. К северу от экватора расположен пояс трещин и разломов, например глубина гигантского каньона – 3600 м, в два раза больше, чем у Гранд Каньона на плато Колорадо (штат Аризона, США). Эта огромная система, расположенная немного севернее экватора спутника, простирается примерно на 1600 км по всей поверхности полушария Харона, обращенного к Плутону, и, вероятно, заходит на обратную сторону спутника. Ученые предполагают, что в его недрах протекают бурные геологические процессы, так как вся кора оказалась

расколотой. Южнее экватора лежит очень гладкая область, получившая неофициальное наименование Равнина Вулкана (Vulcan Planum), покрытая множеством следов относительно недавней геологической активности. Она содержит меньшее количество ударных кратеров, чем северное полушарие Харона. От свежих кратеров исходят яркие и темные лучи. Исследователи полагают, что здесь произошло обновление поверхности, когда до какой-то глубины замерз подледный океан, объем спутника увеличился, ледяная кора растрескалась, и потоки воды из недр залили обширные пространства. Помимо этих участков, на снимках можно рассмотреть загадочную северную околополярную область Мордор (Mordor Macula) с размытым темным пятном красноватого оттенка. Равнины к югу от каньонов Харона имеют меньше крупных кратеров в сравнении с регионами, расположенными к северу от них. Это указывает на то, что они значительно моложе. Гладкость равнин – явный признак криовулканизма. Кроме топографических особенностей, Харон отличается и различиями в альбедо поверхности.

Опубликованы также фотографии высокого разрешения центрального участка поверхности левой (западной) части Плутона – протяженной светлой области в форме сердца, покрытой инеем из замороженного угарного газа. Это молодая поверхность возрастом не более 100 млн

лет, практически лишенная ударных кратеров и покрытая необычным узором из сегментов неправильной формы шириной около 20 км, окантованных неглубокими рвами. Дно некоторых рвов покрыто очень темным материалом. Вырастают над окружающей местностью цепочки холмов. В других местах обнаружены ямы и рытвины, образовавшиеся в результате сублимации. Возникли две гипотезы о том, как сформировался странный рисунок из сегментов. Согласно первой, поверхность сжималась и растрескивалась подобно тому, как растрескивается засыхающая грязь. Вторая говорит о том, что такой узор возник в результате медленной конвекции пластичных льдов метана, угарного газа и азота, подогреваемых снизу скудным теплом из недр. Плутон окружен тонкой разреженной атмосферой, которая на 98% состоит из азота, в качестве примеси – ацетилен и этилен. Атмосферное давление у поверхности (ниже 10 микробар) в 10 тыс. раз меньше, чем на Земле. Из-за своей малой массы Плутон постепенно теряет атмосферу, которая улетучивается со скоростью сотен тонн в час. В результате моделирования ученые пришли к заключению, что дымка в атмосфере планеты не может возникнуть на высотах выше 30 км. На снимках, полученных камерой LORRI спустя 7 ч после момента максимального сближения с Плутоном, видны два слоя дымки, находящихся на высотах около 50 км и 80 км! По мнению



Харон. Разрешение – 1,2 км. Снимок передан 9–11 сентября 2015 г. АМС “Новые горизонты”. Фото NASA/JPL.

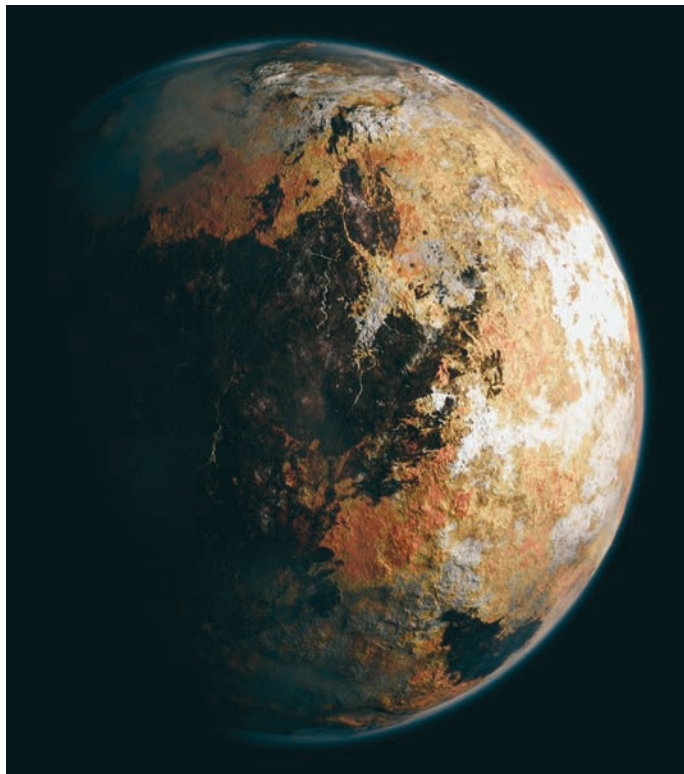
исследователей, дымка в атмосфере Плутона возникает в результате фотодиссоциации метана и образования этилена и ацетилена (следы этих газов также найдены во время пролета). В более низких и холодных слоях атмосферы этилен и ацетилен конденсируются в твердые частицы. Дальнейшие фотохимические реакции с участием азота приводят

к формированию сложных углеводородов, окрашивающих поверхность Плутона в темные тона.

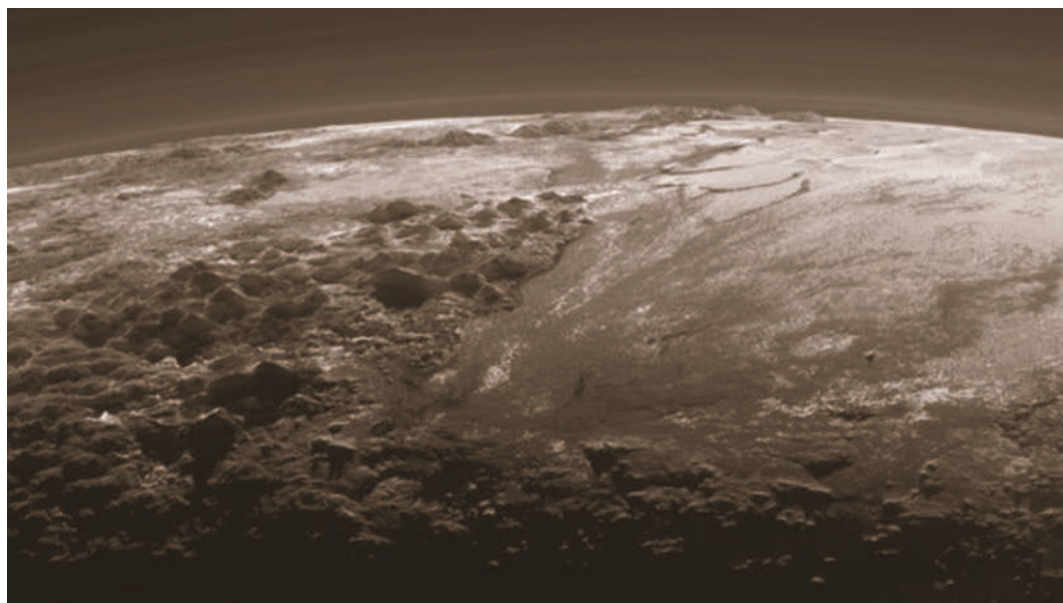
Один из районов Плутона напоминает змеиную кожу или древесную кору, образованную многочисленными прямыми гребнями, параллельными друг другу и разделенными корытообразными долинами. Там же можно видеть протяженные

разломы, замерзшие озера и множество других необычных форм рельефа, природа которых остается неизвестной.

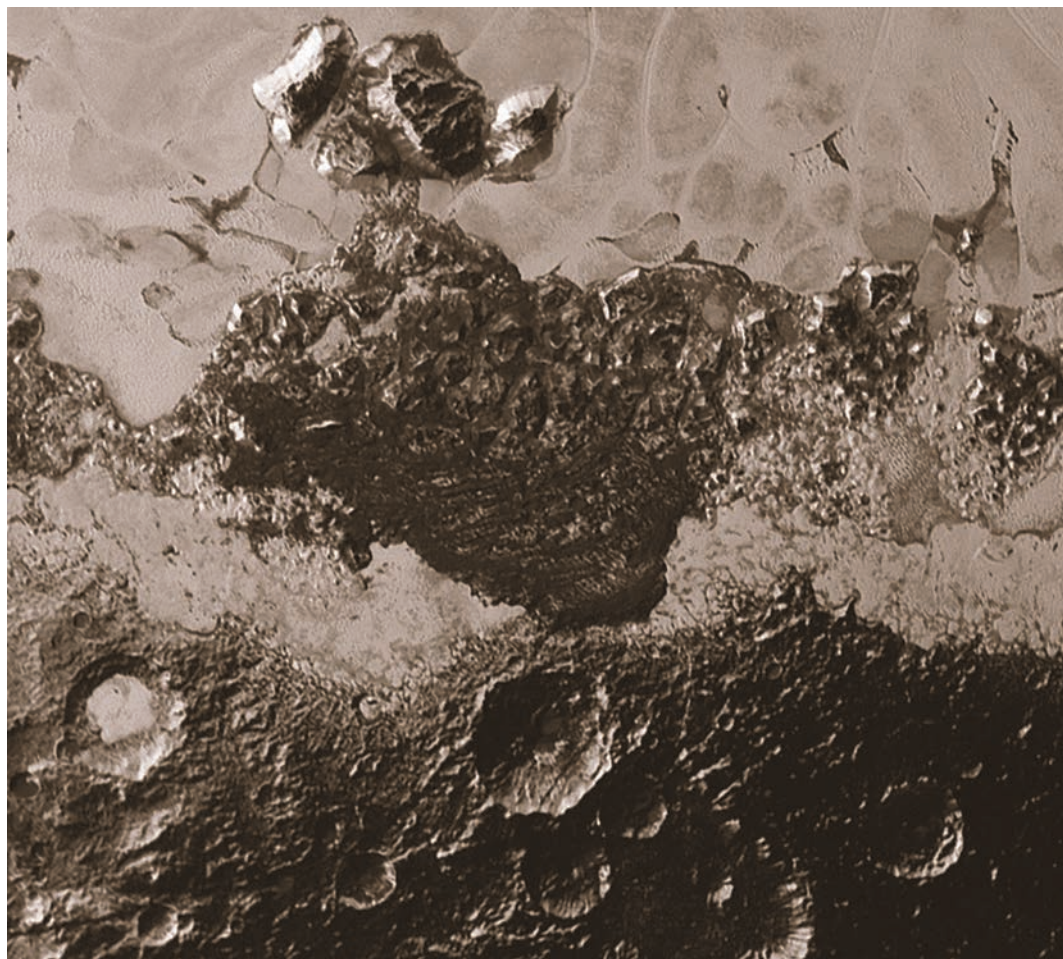
На Плуtone замечены движущиеся ледники, которые не могут быть водяным льдом. При температуре 37 К (–236 °С) лед становится твердым, как горная порода. Однако азотный лед становится пластичным под



Плутон. Снимок передан 9–11 сентября 2015 г. АМС “Новые горизонты”. Фото NASA/JPL.



Туман над Плутоном. Два слоя дымки обнаружены на высотах, где ее быть не должно. Снимок передан 21 сентября 2015 г. АМС “Новые горизонты” (расстояние до Плутона – 360 тыс. км). Фото NASA/JPL.

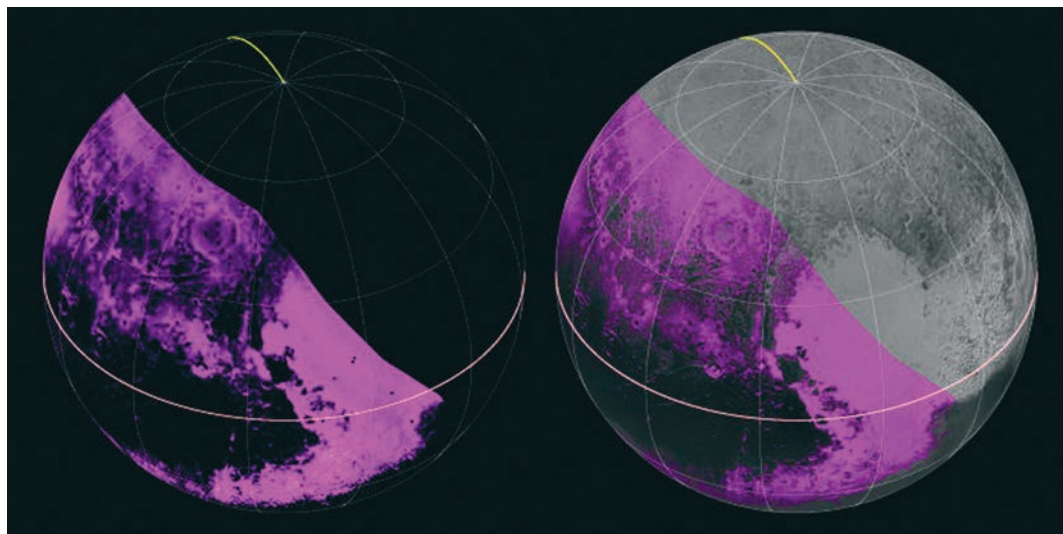


Область Плутона размером 350 км с разнообразным рельефом поверхности. Снимок передан 9–11 сентября 2015 г. АМС "Новые горизонты". Фото NASA/JPL.

давлением, поэтому он движется как земные ледники. Источником азота могут быть кометы: их ядра могут содержать этот газ и высвободить его во время столкновения с Плутоном, или же при ударе извлекается азот из его глубины. Скорее всего, азот поступает в атмосферу в результате геологической активности самого Плутона. Действительно, значительная доля поверхности карликовой планеты

весьма молода и демонстрирует явные следы различных тектонических процессов. Сравнительно высокая температура (около 0 °С) в недрах Плутона способствует образованию молекулярного азота и его просачиванию на поверхность, где он пополняет собой атмосферу и формирует ледники. Окраины равнины Спутника изобилуют удивительными и разнообразными формами рельефа, среди которых –

разветвляющиеся борозды, напоминающие реки Титана и высохшие русла Марса, а также области хаотического рельефа. На границе между светлой молодой поверхностью равнины Спутника находятся темные кратерообразные области. Светлые районы имеют шероховатую линейную текстуру, напоминающую дюны. Стенки кратеров темной области покрыты вертикальными бороздами.



Карта распределения метанового льда по поверхности Плутона. На равнине Спутника находится много метана (фиолетовый цвет, черный – его отсутствие), в то время как в области Ктулху его практически нет. По данным АМС “Новые горизонты”. Фото NASA/JPL.

Удивительный динамичный мир Плутона отличается разнообразием геологических структур и особенностей: древние и молодые участки поверхности соседствуют с горными цепями, растрескавшиеся ледяные равнины с медленно текущими ледниками. Недра, возможно, скрывают жидкий океан. Ученые пришли к выводу, что кора Плутона сложена водяным льдом, а не толстым слоем азотного снега – иначе высокие горы не смогли бы существовать в течение долгого времени. Диаметр Плутона (2374 км) оказался больше, чем считалось ранее, это означает, что его средняя плотность ниже. Скорее всего, доля льда в составе карликовой планеты составляет 35–40%, каменных пород – 60–65%.

Сейчас группа ученых программы “Новые горизонты” занята составлением карты поверхности Плутона и Харона. Названия для отдельных деталей рельефа берутся из банка имен “OurPluto”, созданного с помощью общественности. Пока все названия неофициальные и предварительные, их еще должен утвердить Международный астрономический союз.

Помимо захватывающих снимков Плутона, АМС “Новые горизонты” передала на Землю спектральные данные, позволившие построить карту содержания замороженного метана на поверхности карликовой планеты. Распределение метанового льда на Плуtone оказалось неравномерным. Так, равнина Спутни-

ка очень богата метаном, тогда как в области Ктулху его почти нет. Также очень мало метана в горах, окаймляющих равнину Спутника с запада. В целом метана больше в ярких областях и на краях кратеров, мало или совсем нет – в темных областях и на дне кратеров. Чем вызвана такая неравномерность, пока неясно.

АМС “Новые горизонты” успешно продолжает полет в поясе Койпера. В течение 2016 г. станция продолжит передавать записанные данные. В октябре 2015 г. она удалилась от Земли на 33,67 а.е. и от Плутона – на 0,69 а.е., ее скорость относительно Солнца – 14,48 км/с.

*Пресс-релизы JPL/NASA,
21 и 29 сентября,
2 и 9 октября 2015 г.*

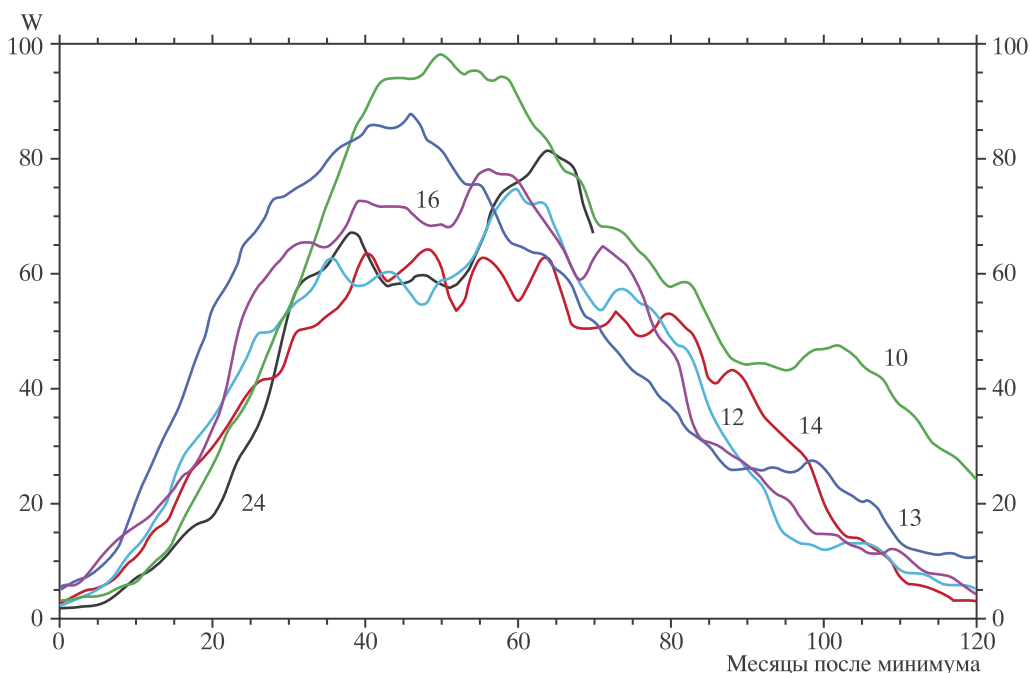
Солнце в августе – сентябре 2015 г.

В данный период пятнообразовательная активность на Солнце оставалась на среднем уровне, иногда опускаясь до низкого (1 сут в августе и 2 сут в сентябре), увеличиваясь до высокого (4 сут в последней декаде сентября). Число групп пятен на видимом диске Солнца менялось от 1 до 8.

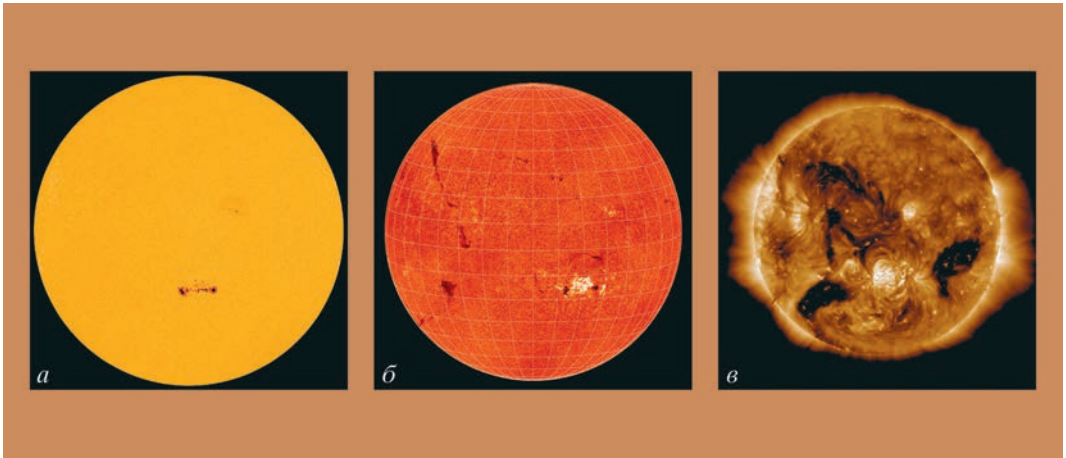
В основном группы пятен были небольшими и спокойными, однако в Южном полушарии образовались 3 крупные по площади. Из 32 групп солнечных пятен 16 появилось в Северном полушарии. Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен уверенно идет на спад. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа (мы будем придерживаться старой, классической системы) $W_{авг.} = 38,8$ и $W_{сен.} = 46,9$. Сглаженное значение относительного числа солнечных пятен в феврале и марте 2015 г. составило $W^* = 52,0$ и $49,3$ соответственно.

С июля 2015 г. Мировой центр по солнечным индексам в Брюсселе закрыл ста-

рую классическую систему подсчета чисел Вольфа, и теперь он производится по новой (<http://www.sidc.be/silso/newdataset>; Земля и Вселенная, 2015, № 6). Это создало большие неудобства с использованием всей предыдущей литературы. По мнению разработчиков, перевод чисел Вольфа стал более гладким и однородным, появилась возможность не обращать внимания на различные исторические способы подсчета этого параметра. Значения чисел Вольфа в новой системе приблизилось к американской системе (разница 2–3 единицы). В новой системе текущий 24-й цикл начался с декабря 2008 г. Низкими циклами солнечной активности теперь



Ход развития (74 месяца) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.). W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен в старой, классической системе.



Солнце 24–25 августа 2015 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$). Космическая солнечная обсерватория “SDO” (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

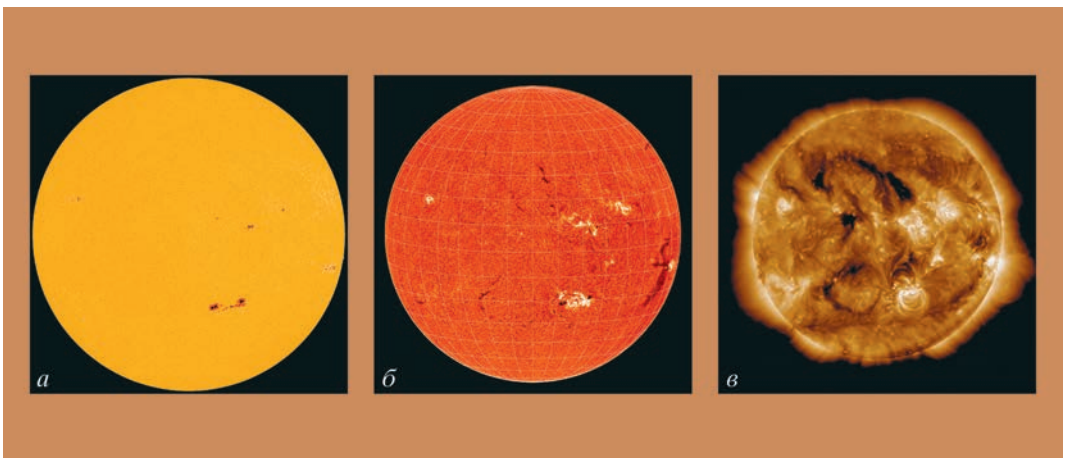
стали циклы со значением $W_{\text{макс}}^* \leq 130$, высокими – $W_{\text{макс}}^* \geq 200$, остальные будут относиться к циклам средней величины. Табли-

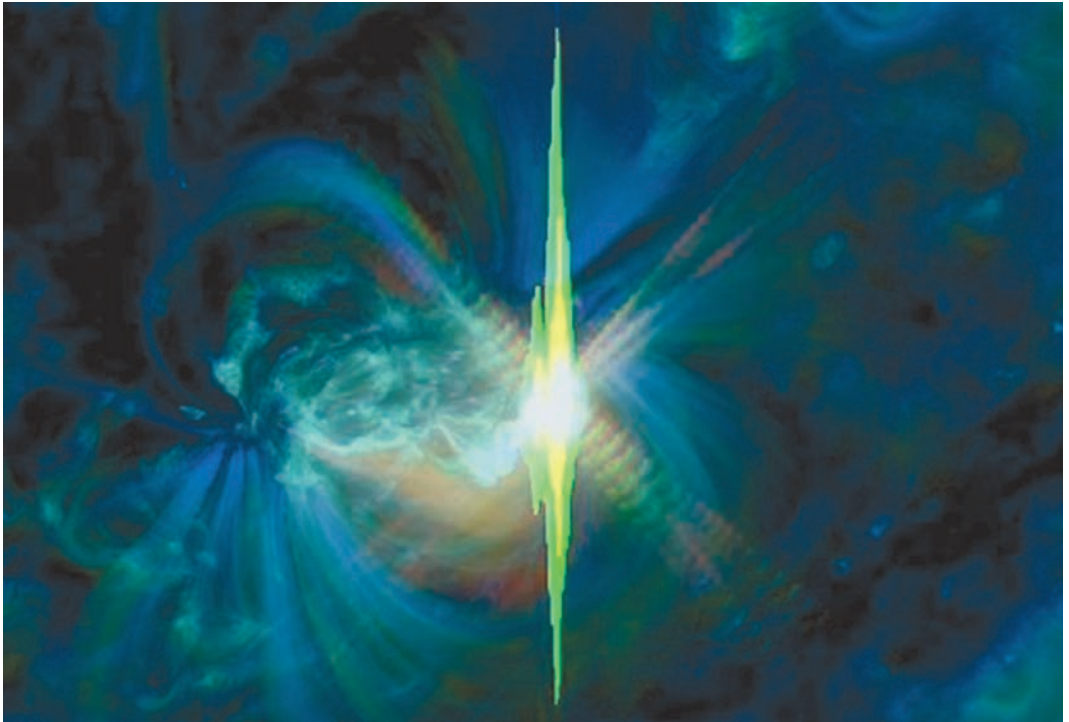
цу характеристик солнечных циклов в новой системе планируется опубликовать в ближайшем номере.

Первая и вторая декады августа характеризовались

значительными колебаниями пятнообразовательной активности в пределах значений среднего уровня. 3 августа в Южном полушарии вблизи восточного лимба сформировалась группа пятен, 6 августа она увеличилась по площади и 9 августа достигла своего пика – 840 мдп (миллионных долей полусферы). Магнитная конфигурация этой активной области нормализовалась, поэтому в ней произошло только небольшие вспышки. 14 августа группа пятен ушла за западный лимб. 16 августа

Солнце 28 сентября 2015 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$). Космическая солнечная обсерватория “SDO” (<http://spaceweather.com>).





Большая солнечная вспышка 28 сентября 2015 г. балла M7,6 в линиях высокоионизованного железа в диапазоне крайнего ультрафиолета: $\lambda = 131 \text{ \AA}$ (Fe VIII), $\lambda = 193 \text{ \AA}$ (Fe XII), $\lambda = 171 \text{ \AA}$ (Fe IX). Комбинированное изображение получено с помощью прибора Atmospheric Imaging Assembly космической солнечной обсерватории "SDO".

из-за восточного лимба появилась другая группа пятен, в которой 22 августа всплыл новый магнитный поток, что привело 24 августа к большой вспышке балла M5,6/1B. Она сопровождалась геоэффективным корональным выбросом вещества. Следствием этих событий стала умеренная магнитная буря 26–27 августа. После 25 августа пятнообразовательная активность держалась вблизи минимального среднего уровня. Максимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен отмечено **7 августа** (**W = 112**), минимальное –

17 августа (**W = 20**). Вспышечная активность держалась на высоком уровне 24 августа, среднем – 21, 22, 27, 28 и 30 августа. В остальные дни вспышечная активность оставалась на низком и очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (26 событий) наблюдались 4, 5, 6 (2), 9, 11, 12 (3), 13 (2), 14 (2), 15 (3), 19, 22, 25, 26 (3), 28 и 29 (3) августа. Коронографы космической обсерватории "SOHO" зарегистрировали 110 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых пять были типа "частичное гало II" (угол раствора 90°–180°).

6 рекуррентных и 2 вновь образовавшиеся корональные дыры проходили по видимому диску Солнца, 4 из них вызвали магнитные бури. На средних широтах Земли отмечены одна умеренная (15–16 августа) и 5 малых магнитных бурь: 7, 16–17, 19, 23 и 26–29 августа. Всего же в геомагнитном поле зарегистрировано 10 возмущенных дней. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ зафиксирован 11–12 августа.

В первую декаду **сентября** уровень пятнообразовательной активности Солнца

менялся от низких значений среднего к низкому и снова к среднему уровню. До 20 сентября сохранялись умеренные значения среднего уровня, затем постепенный рост до высокого (25–28 сентября) и последние дни месяца снова средний уровень. На видимом диске Солнца появилось от 2 до 8 групп солнечных пятен, одна из них выросла до большого размера. Минимальное наблюдаемое число солнечных пятен отмечено 5 сентября ($W = 26$), максимальное – **26 сентября ($W = 169$)**. Высокий уровень вспышечной активности наблюдался 28 сентября и связан со вспышечной активностью большой группы пятен Южного полушария. В этой активной области возникла большая солнеч-

ная вспышка балла M7,6, однако никакого заметного влияния на околоземное космическое пространство она не произвела. Средний уровень вспышечной активности отмечен 20, 27, 29 и 30 сентября. Выбросы солнечных волокон (21 событие) наблюдались 1 (2), 2, 4 (2), 5 (2), 8–11, 13 (2), 15, 17, 19, 23, 27 (2) и 28 (2) сентября. Коронографы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 109 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди них одно было “частичное гало III” (угол раствора 180°–270°) и 4 – типа “частичное гало II” (угол раствора 90°–180°). В сентябре произошли 5 рекуррентных и две вновь образовавшиеся корональные дыры, 4 из которых внесли значимый

вклад в геомагнитную возмущенность околоземного космического пространства, зарегистрированы две большие (8–9 и 20 сентября), одна умеренная – 7 сентября и две малые (4 и 14–15 сентября) магнитные бури. Всего за месяц было отмечено 11 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах 6–7, 9–18 сентября образовался 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*

Информация

Ураган Хоакин

1 октября 2015 г. урагану Хоакин, бушевавшему над Атлантикой, присвоили четвертую категорию опасности по шкале Саффира – Симпсона. Максимальная скорость ветра достигала 210 км/ч. Напомним, что шкала Саффира – Симпсона, по которой рассчитывается потенциальный ущерб от ураганов и их степень опасности, имеет пять уровней. Шторм становится ураганом первой категории, когда скорость ветра превышает 119 км/ч, при урагане пятой категории – более 250 км/ч и приводит к катастрофическим послед-

ствиям. Сбором информации занимался Национальный центр США по слежению за ураганами метеорологической службы.

Хоакин сформировался в Карибском бассейне 29 сентября, в течение нескольких дней нанес большой ущерб Багамским островам и восточным областям США (см. стр. 2 обложки, вверху). В Мэриленде, Вирджинии, Нью-Джерси и Северной Каролине (США) было объявлено чрезвычайное положение. В г. Колумбия выпало 143 мм осадков, в Северной Каролине больше всего осадков досталось городу Вилмингтон (132 мм). Таких дождей в этом регионе не было с 1936 г. Реки вышли из берегов, полностью ушел под воду при-

брежный г. Джорджтаун, где проживает более 9 тыс. человек. Дороги затопило, на нескольких направлениях не ходили поезда, электричество отключено. Полиция зафиксировала свыше 300 ДТП, в том числе серьезных. Экстренные службы получили сотни звонков с просьбами о помощи. Власти Южной Каролины назвали последствия урагана “потопом тысячелетия”. 4 октября скорость ветра упала до 165 км/ч, но сохранилась вероятность возникновения опасных штормов. Хоакин стал уходить на северо-восток, в сторону Британских островов, куда он пришел 10 октября.

Пресс-релиз НИЦ
“Планета”,
10 октября 2015 г.

Нижняя ионосфера (натурные эксперименты)

С.П. ПЕРОВ,
доктор физико-математических наук
О.К. КОСТКО,
доктор физико-математических наук

Результаты ракетных, баллонных и зондовых экспериментов и наблюдений в средней атмосфере – стратомезосфере и нижней ионосфере (10–100 км) в различных климатических зонах Земли позволили установить значительную пространственно-временную изменчивость ряда ее параметров, их связь с характеристиками холодной газопылевой атмосферной



плазмы и потоками галактических космических лучей. Результаты

экспериментов не потеряли актуальность до сих пор.

НАЧАЛО ИССЛЕДОВАНИЙ

История открытия ионосферы – области заряженных частиц в средней и верхней атмосфере Земли длительна и интересна. Первое предположение о нем содержалось в письме М. Фарадея (1832) Королевскому обществу. Конечно, Фарадей не знал, что есть заряженные ча-

стицы (электрон открыт Дж.Дж. Томсоном в 1897 г.), речь шла о токовых системах в верхней атмосфере. Затем аналогичную идею предложил У. Томсон (Кельвин) в 1860 г., в 1839 г. вышла книга К.Ф. Гаусса и В. Вебера “Общая теория земного магнетизма”.

Первое упоминание об ионосфере приписывается английскому исследовате-

лю Б. Стюарту, который создал теорию суточных приливов геомагнитного поля (1878). Экспериментальные доказательства существования ионосферы получил в 1901 г. лауреат Нобелевской премии Г. Маркони, один из создателей беспроводной радиосвязи. Он принял в Ньюфаундленде (Канада) сигнал, переданный из Корнуолла (Англия).

Американские электро-техники А.Э. Кеннели и О. Хевисайд посчитали, что радиосигнал отклонился от проводящего слоя ионов на высоте около 80 км.

Против такого предположения возражали известные физики Д.У. Рэлей и А.И. Зоммерфельд, которые предпочли ошибочную, как выяснилось позже, теорию дифракции. В 1926 г. американские ученые Г. Брейт и М. Тьюв с помощью импульсного радиофизического способа измерили время задержки между посылкой импульса и приемом эхо-сигнала от отражающего слоя. Эти эксперименты не только доказали справедливость объяснения А.Э. Кеннели и О. Хевисайда, но и используются по сей день при изучении ионосферы с наземных станций. Отметим, что ранее академик М.В. Шулейкин, проанализировав данные по распространению коротких волн, пришел к заключению о существовании ионосферного слоя на высоте 260 км.

В 1930 г. выдающийся английский математик, физик и геофизик Сидней Чепмен, уже известный работами об атмосферных приливах и физике верхней атмосферы, разработал теорию простого (одиночного) слоя. Он описал в первом, но уже в весьма хорошем приближении формирование слоя озона (с максимумом концентрации в средней стратосфере – 25–30 км) и слоя атомарного кислорода с максимумом концентрации в нижней термосфере (90–100 км). В 1931 г. С. Чепмен с успехом применил свою теорию к описанию слоев ионосферы. В науке об атмосфере она называется теорией простого слоя Чепмена, согласно которой скорость образования за-

ряженных частиц (атомов кислорода) на заданной высоте под действием солнечного ионизирующего (диссоциирующего) излучения пропорциональна концентрации нейтральных частиц и интенсивности солнечного излучения на данной высоте. Коэффициент пропорциональности определенной зависимости физически означает поперечное сечение ионизации (диссоциации), которое зависит от длины волны ионизирующего (диссоциирующего) излучения и сорта нейтральных частиц. Интенсивность солнечного излучения и концентрация нейтральных частиц в верхней атмосфере ведут себя с изменением высоты противоположным образом. С уменьшением высоты концентрация нейтральных частиц нарастает, а интенсивность солнечного излучения до некоторого уровня остается постоянной, затем начинает падать из-за возрастания числа нейтральных частиц и, следовательно, увеличения поглощения радиации в атмосфере. В соответствии с теорией простого слоя, пока интенсивность солнечного излучения постоянна, с уменьшением высоты скорость образования заряженных частиц (атомов) растет. Это продолжается до момента снижения интенсивности и скорости образования частиц. Таким образом, на некоторой высоте образуется максимум скорости ионизации, создаваемой излучением данной длины волны в атмосфере и сортом частиц. Присутствие в атмосфере разных газов, а в спектре солнечного излучения разных длин волн приводит к тому, что реальные ионосферные слои представляют собой суммы простых слоев Чепмена в областях

ионосферы E и F1(150–200 км). В F2-области (200–400 км) ситуация осложняется за счет действия амбиполярной диффузии (совместное движение электронов и ионов, связанных электрическим полем поляризации, через нейтральный газ под действием силы тяжести и градиента давления). В результате по ряду признаков ионосферу разделили на слои: D (60–90 км), E (90–120 км) и F (150–320 км).

Заслуги и авторитет С. Чепмена в геофизике настолько велики, что при организации Международного геофизического года (Земля и Вселенная, 2007, № 4) он был избран председателем комитета (1953–1959). С. Чепмен немало способствовал созданию и расширению глобальной сети станций наблюдения за состоянием озонового слоя и ионосферы.

Концентрация электронов резко падает с уменьшением высоты ионосферы: от миллиона электронов в 1 см^3 воздуха (слой F) до единиц в 1 см^3 (слой D). Низкая концентрация электронов в слое D затрудняет исследование в нем с помощью наземного радиозондирования.

Масс-спектрометрические ракетные эксперименты, проведенные в 1963–1965 гг., позволили определить ионный состав ионосферы на высоте 65–85 км. Концентрация положительных ионов (молекулярного азота, окиси азота, кислорода и других составляющих атмосферы) достигает сотен ионов в 1 см^3 , а общая концентрация положительных ионов снижается с 10 тыс. (85 км) до 1 тыс. (65 км) в 1 см^3 .

К началу 1960-х гг. осталось неизученным содержание заряженных частиц в

нижних слоях атмосферы – нижней и средней стратосфере. Источники ионизации атмосферного воздуха известны: ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца, солнечные корпускулярные потоки и галактические космические лучи. Ультрафиолетовое и рентгеновское излучение, а также солнечные корпускулы, поглощаются в слоях выше стратосферы. Галактические космические лучи могут создавать в нижней атмосфере заряженные частицы.

ПЕРВЫЕ ШАГИ

В начале 1960-х гг. директор Центральной аэрологической обсерватории доктор физико-математических наук, профессор Е.Г. Швидковский поручил молодым сотрудникам обсерватории Ю.А. Брагину и О.К. Костко разработать ракетную аппаратуру и методы измерения заряженных частиц в нижней атмосфере Земли.

После необходимых расчетов и лабораторных исследований авторы остановились на методе измерений заряженных частиц с помощью конденсатора Жердьена. Такой цилиндрический конденсатор был установлен в головной приборной части метеорологической ракеты типа М-100 (Земля и Вселенная, 2008, № 1). К конденсатору Жердьена подключался электронный фильтр, который отделял электроны от ионов. Атмосферные ионы, движущиеся вместе с потоком воздуха сквозь цилиндр конденсатора Жердьена, создают ионный ток в коллекторе. Концентрацию положительных ионов рассчитывают по регистрируемому току, ско-

рости ионов в камере прибора, площади поперечного сечения цилиндра и коэффициенту газодинамического режима обтекания.

Как уже сказано, основной источник ионизации в нижних слоях атмосферы – космические лучи, ее скорость сильно зависит от широты (геомагнитной) и возрастает от экватора к полюсу. Чтобы проверить широтную зависимость измеряемой концентрации заряженных частиц, ракеты запускались с научно-исследовательских судов Гидрометеослужбы в различных широтных зонах.

Первые измерения концентрации положительных ионов и электронов (май – июнь 1965 г.) с борта научно-исследовательского судна “Ю.М. Шокальский” показали, что в стратосфере есть слой повышенной концентрации ионов, который можно считать глобальной характеристикой нижней ионосферы. До высоты около 70 км концентрация электронов оказалась значительно меньше концентрации положительных ионов. Днем между высотами 70 и 75 км присутствуют в соизмеримых количествах отрицательные ионы и электроны, выше 75 км мало отрицательных ионов, ниже 75 км ночью электроны практически отсутствуют. Дальнейшие измерения зафиксировали максимум стратосферного слоя повышенной концентрации ионов на высоте 10–40 км. Концентрация ионов в нем меняется в пределах $1,4\text{--}2,8 \times 10^4 \text{ см}^3$. В дневных измерениях выше этого максимума расположен второй максимум ионной концентрации меньшей величины. Ночью она плавно убывает.

Е.Г. Швидковский, Ю.А. Брагин и О.К. Костко за но-



Приборная часть метеорологической ракеты с конденсатором Жердьена.

ваторскую научную работу, высоко оцененную научной общественностью, получили диплом на открытие № 56 с приоритетом от 31 января 1965 г., в котором записано: “Экспериментально установлено ранее неизвестное свойство атмосферы Земли (10–70 км), заключающееся в существовании области повышенной ионизации (с максимумом ионов порядка 10^4 в 1 см^3 на высоте 10–40 км) и области пониженной ионной концентрации (с минимальным количеством ионов $0,5 \times 10^3$ в 1 см^3) на высоте 50–70 км”. Экспери-



Запуск метеорологической ракеты с борта исследовательского судна. 1970-е гг.

ные публикации, изобретения и диплом на открытие молодой ученый был неисчерпаемым источником идей во многих областях физики, особенно в изучаемой им области – физике атмосферы. Обладая научной интуицией и удивительной способностью находить среди студентов кадры для научной работы, Ю.А. Брагин создал достаточно сплоченный и сильный в научном отношении коллектив, существующий и ныне как Отдел атмосферных исследований НГУ. В него входят лаборатории геоэлектричества, физики плазмы, сектор космического эксперимента, обсерватория атмосферного электричества, группа мультимедиа технологий.

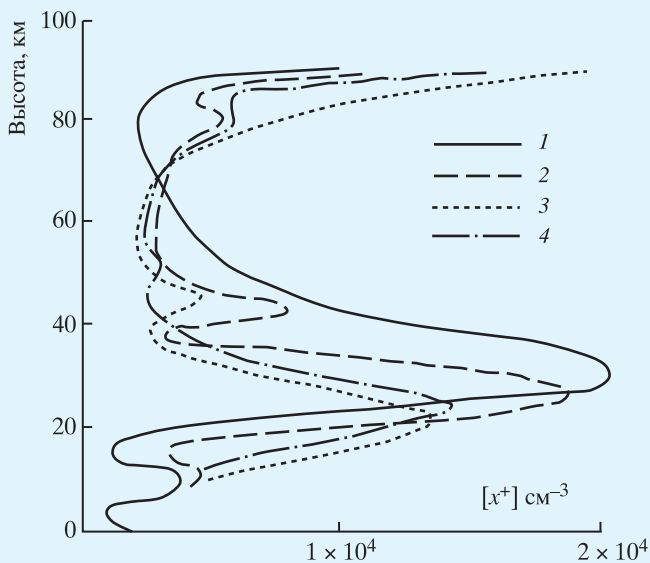
Ю.А. Брагин и его сотрудники с помощью приборов, установленных на ракете М-100, выполнили пионерские исследования объемных электрических зарядов, электропроводности и токов электрической проводимости атмосферы. Экспериментальные данные показали, что нет строго экспоненциального уменьшения электрических зарядов с увеличением высоты. Знак заряда с изменением высоты постоянно менялся. Было замечено, что если погода управляет электричеством тропосферы и стратосферы, то источником формирования электричества мезосферы лежит ниже стратопазузы. Интенсивность потоков электронов с энергией меньше

ментальные результаты авторы открытия осмыслили и описали в последующих публикациях.

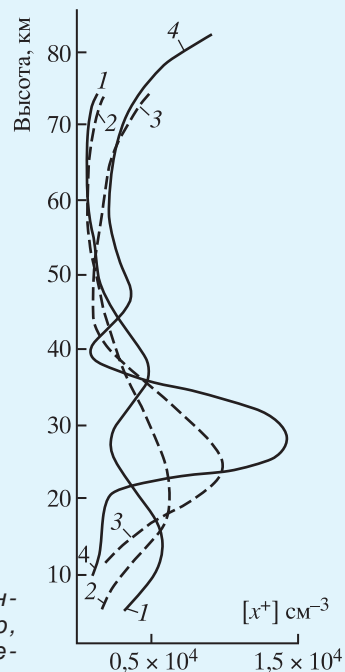
В проблемной записке Объединенной комиссии по физике солнечно-земных связей при Международном совете научных союзов, составленной видными зарубежными учеными и опубликованной в 1969 г., отмечается, что данные измерений ионной концентрации, полученные в Центральной аэрологической обсерватории, наиболее достоверны.

РАБОТЫ В НГУ

В 1966 г. известный советский ученый и организатор науки член-корреспондент АН СССР Р.И. Солоухин пригласил научного сотрудника Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО) кандидата физико-математических наук Ю.А. Брагина для научной и педагогической работы на кафедре общей физики Новосибирского государственного университета (НГУ). Только что защитивший диссертацию, имевший многочислен-



Суточные изменения широтных вариаций ионной концентрации. Слева: 1 – ночь, 2 – утро, 3 – день, 4 – вечер, сплошные кривые – после полудня, пунктирные – перед полуднем; справа: 1 – 0° с.ш., 178° в.д., 2 – 1° с.ш., 165° в.д., 3 – 35° с.ш., 151° в.д., 4 – средние широты.



20 кэВ выше, чем у потоков с большими энергиями. Масс-спектроскопические измерения положительных ионов до тысяч атомных единиц выявили, что ниже 80 км основные ионы не молекулярные, так как уменьшения массы ионов с увеличением высоты не наблюдалось. Один из важных электрических параметров атмосферы – ее электростатическое (квазистатическое) поле.

С помощью датчиков поля и других приборов было установлено, что вертикальное электрическое поле в мезосфере часто меняет свой знак, а горизонтальное поле по своей величине соизмеримо с вертикальным и, как правило, изменяется при смене направления ветра. Интенсивность ультрафиолетового и гамма-излучения ниже 50 км

имеет “слоистую” структуру, и рассчитанные распределения по высоте и массе концентрации аэрозолей не очень хорошо согласуются с экспериментальными данными. Дальнейшее развитие связано с важным организационным достижением научной школы Ю.А. Брагина – создание Обсерватории атмосферного электричества, предназначенной для “подспутниковых” одновременных с орбитальными наблюдениями из космоса, с поверхности Земли и на ракетах (<http://www.phys.nsu.ru/oea/history5r.htm>).

РАКЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЦАО

Параллельно с работами в НГУ в 1960–1970 гг. по инициативе кандидата физико-математических наук Г.А. Ко-

кина в ЦАО были начаты и успешно развивались ракетные исследования нижней ионосферы (слой D). Для измерения концентрации электронов на шпигеле стандартной головной части ракеты М-100 устанавливался зонд постоянного тока. Была накоплена солидная база данных, сделан ряд интересных наблюдений и выводов (Г.А. Кокин, С.В. Пахомов, А.А. Ястребов, Ю.А. Рябов). Анализ показал недостаточную обоснованность представлений о доминирующей роли солнечного ультрафиолетового излучения совместно с космическими лучами для объяснения высоких концентраций заряженных частиц. В качестве дополнительного ионизирующего агента в литературе пред-



Кандидат физико-математических наук Ю.А. Брагин. 1970-е гг.

лагалось использовать потоки электронов и протонов, выпадающих из магнитосферы. В ЦАО в первую очередь измерялись потоки электронов с энергиями более 40 кэВ. В результате проведенных измерений с помощью ракет получены данные о них у верхней границы мезосферы в полярных областях и средних широтах северного полушария (В.Ф. Тулинов, В.М. Фейгин, Л.В. Шибеева, С.Г. Яковлев). В дальнейшем анализ базы данных продолжен в ИПГ им. Е.К. Фёдорова (А.Д. Данилов, Л.Б. Ванина) и в ИКИ РАН (Л.Б. Ванина-Дарт, Е.А. Шарков).

Достижения отечественных ученых высоко оценили за рубежом, возникли совместные проекты. В июле – августе 1991 г. в рамках международной кампании “Серебристые облака-91” был выполнен комплексный ракетно-радарный эксперимент, в котором участвовали специалисты NASA, Шведская космическая корпорация, Норвеж-

ский институт оборонных исследований, университеты Австрии, Германии, США, Швейцарии, Швеции, ЦАО, НГУ. На о. Хейса осуществлена серия запусков ракет М-100Б с оптической аппаратурой, предназначенной для регистрации света, рассеянного атмосферой. В двух пусках 31 июля 1991 г. обнаружено аномально сильное рассеяние света в верхней мезосфере, которое можно объяснить только наличием мезосферных облаков. Впервые были обнаружены мезосферные облака в столь высоких широтах (Г.А. Кокин и др., 1996). В это же время на ракетном полигоне Эсрендж (г. Кируна, Швеция) впервые были зарегистрированы сильные электрические поля в окрестности серебристых облаков (82–84 км) и получены первые экспериментальные доказательства присутствия субмикронных ледяных частиц (13–40 нм) на высоте летнего полярного мезосферного радарного эха (PMSE).

СВЯЗЬ С ТРОПИЧЕСКИМИ ЦИКЛОНАМИ

Анализ базы практически всеширотного охвата ракетных данных о концентрации электронов в слое D был продолжен в Институте прикладной геофизики им. Е.К. Фёдорова (А.Д. Данилов, Л.Б. Ванина), а затем в ИКИ РАН (Е.А. Шарков, Л.Б. Ванина-Дарт). В ИКИ РАН под руководством Е.А. Шаркова исследовано влияние солнечной активности на нижнюю экваториальную ионосферу в дни с тропическими циклонами и без них (Л.Б. Ванина-Дарт и др., 2008). Из базы данных ЦАО были ис-

пользованы результаты измерений на станции Тумба, Индия (8,5° с.ш., 77° в.д.) и спутникового мониторинга тропического циклогенеза в акваториях Индийского и Тихого океанов. В период всего солнечного цикла связь тропических циклонов с солнечной активностью ослабевает для дней с циклонами по сравнению с данными для дней без них. На высоте 70–75 км в дни с тропическими циклонами ионов становится меньше. На высоте 80 км влияние тропических циклонов на содержание электронов в нижней экваториальной ионосфере не выявлено.

Чтобы изучить возможное влияние тропического циклона с изменчивостью концентрации электронов с верхней ионосферой кандидат физико-математических наук Л.Б. Ванина-Дарт с коллегами проанализировали результаты томографического зондирования в 2007 г., которое проводилось над тремя пунктами, расположенными на одном меридиане: Южно-Сахалинск (47° с.ш. и 142° в.д.), Поронайск (49° с.ш. и 143° в.д.) и Ноглики (52° с.ш. и 143° в.д.). Метод фазоразностной томографии в ионосфере на базе сигналов низкоорбитальных спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС и GPS) теоретически позволяет выявлять вариации электронной концентрации ионосферы, вызванные распространением сильных циклонов в тропосфере Земли. Сделанные ранее выводы за первую половину ноября 2007 г. свидетельствуют о том, что воздействии тропических циклонов на верхнюю ионосферу изменяет ее параметры до 40%. Влияние тропических циклонов, предполагаемого источника возмущения на

высотах слоя F2, начинает значительно уменьшаться на расстояниях 4–5 тыс. км от него в горизонтальном направлении. В направлении запад – восток в Северном полушарии прекращается его влияние около 50° с.ш. на расстоянии 6500 км по горизонтали. Сложности морфологического анализа данного явления заключаются в том, что тропический циклон – это “широкополосный” и долговременный источник возмущения.

Вернемся к слою D в тропической ионосфере. Индийский метеоролог К.С. Аппу проанализировал по ракетным данным изменения термической структуры в стратосфере – мезосфере над станцией Тумба при циклонических штормах в Бенгальском заливе и Аравийском море. Рассмотрены все 47 штормов в 1971–1982 гг., исследованные с помощью ракет. Температурный режим в нижней мезосфере в период депрессий, как перерастающих затем в штормы и сопровождающихся нагревом до 8° С, так и не превращающихся в штормы и сопровождающихся сильным охлаждением, резко отличается: первые переходят в штормы через 1–3 дня, вторые существуют еще 3–4 дня после прохождения длинного пути и затем диссипируют.

Термодинамический режим стратосферы – мезосферы меняется при штормах, следующих друг за другом в течение 2–3 недель. Около 65% штормов относятся к такой категории и сопровождаются потеплением в нижней мезосфере и стратосфере. Правда, в ряде случаев потепление в мезосфере сопутствует охлаждению стратосферы. Можно провести аналогию с

изменениями динамики, газового состава, фотохимии и заряженных частиц в стратосфере. Без детального комплексного рассмотрения всей совокупности элементарных процессов в газопылевой атмосферной плазме с переносом радиации и термодинамикой, включая вертикальные потоки и волны, решить проблему слоя D не удастся.

АЭРОЗОЛИ И НИЖНЯЯ ИОНОСФЕРА

Важнейшая характеристика атмосферы – аэрозоль внеземного, земного и атмосферного происхождения. Он играет ключевую роль в проблеме климата, поскольку облачные аэрозоли (в том числе капли) регулируют поток солнечной радиации к поверхности Земли и существенным образом определяют альбедо планеты. Аэрозоли, капли, кристаллы льда и пыль тесно связаны с электрическими процессами в атмосфере, формируя важную и сложную проблему газопылевой низкотемпературной атмосферной плазмы, включая грозовую активность в тропосфере, связанные с ней электрические разряды в стратосфере – мезосфере (джеты, спрайты, эльфы) и глобальную электрическую сеть (Земля и Вселенная, 2015, № 2).

Выдающуюся роль в развитии ракетного и аэростатного исследования атмосферного электричества с помощью зондов и баллонов в ЦАО сыграл кандидат технических наук В.И. Ермаков. Вся бортовая электронная аппаратура для стандартных и экспериментальных головных частей метеорологических ракет



*Кандидат технических наук
В.И. Ермаков. 1990-е гг.*

M-100, MMP-06 и их модификаций, оригинальные аэростатные и баллонные (шар-зондовые) приборы для измерения электрических характеристик атмосферы разработаны и испытаны лично им или вместе со своими сотрудниками. В конце 1980 – начале 1990-х гг. под руководством В.И. Ермакова (ЦАО) и Ю.И. Стожкова (ФИАН им. П.Н. Лебедева) выполнены уникальные баллонные наблюдения в полярных, среднеширотных и тропических широтах обоих полушарий. Для измерений концентрации ионов использовался проточный конденсатор Жердьена, потоков космических лучей – стандартные счетчики Гейгера.

Это хорошо видно из таблицы, в которой наряду со средним распределением ионов по высоте специально приведены результаты измерений концентраций ионов 8 мая N_т. В этот день тайфун изменил ситуацию, ветер поменял направление и скорость на разных высотах, температура по-

**СРЕДНЯЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ N, СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ДЛЯ N (D),
ПОТОК КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ (I) И ОТНОШЕНИЕ N/I
(TERLS, ТУМБА, ИНДИЯ, МАЙ–ИЮНЬ 1990 г.)**

H, км	N, см ⁻³	N _r , см ⁻³	D, см ⁻³	D/N, %	I, см ⁻² /с	N/I, 10 ³ с/см
2	600	680	500	83	0,5	12
4	530	500	360	68	0,1	5,3
6	500	300	240	48	0,14	3,5
8	600	50	200	33	0,25	2,4
10	680	450	180	26	0,44	1,55
12	820	100	240	29	0,64	1,28
14	1040	500	300	29	0,78	1,34
16	1080	450	260	29	0,87	1,25
18	1140	1260	120	10,5	0,9	1,27
20	1120	1380	110	9,8	0,86	1,3
22	960	625	140	14,5	0,75	1,3
24	860	575	360	68	0,1	1,36
26	660	250	120	18	0,53	1,25
28	550	500	80	14,5	0,43	1,28
30	530	625	80	15	0,38	1,4

Примечание. Значение N_r – 8 мая (влияние тайфуна).

высилась в тропосфере и стратосфере на 5–10 °С и содержание пыли и других аэрозольных частиц в теплом воздухе возросло, а концентрация ионов понизилась.

Сравнение средних высотных профилей ионной концентрации и кривых поглощения космических лучей на различных геомагнитных широтах в интервале 0–35 км позволило получить новое, неожиданное – линейное (а не квадратичное) соотношение между интенсивностью космических лучей и концентрацией ионов. На языке химической кинетики, например, при измерениях констант реакций в лабораторных реакторах, это означает существенное уменьшение роли рекомбинации ионов в объеме по сравнению с гибелью ионов на стенках реактора. Таким образом, привычная форма реакции рекомбинации

ионов (или ионов и электронов) по квадратичному закону (реакция 2-го порядка) пренебрежимо мала по сравнению с гибелью ионов на поверхности аэрозолей (реакция 1-го порядка), что дает возможность оценить эффективную среднюю поверхность атмосферных аэрозолей (профессор Б.Х. Суббарайя, С.П. Перов, В.И. Ермаков и др., 1998). Важную роль в этих по сути глобальных наблюдениях сыграли баллонные измерения концентрации ионов на геомагнитном экваторе на станции TERLS, Индия, в мае-июне 1990 г.

Сделанное открытие объяснило многие особенности профилей концентрации ионов, в частности их волновую структуру – за счет перераспределения аэрозолей при распространении внутренних гравитационных волн, возмущений из-за тропического урагана

и возрастание содержания ионов при усилении солнечной активности, сопровождающееся ослаблением вертикальных потоков в восходящих частях ячеек Хедли (С.П. Перов, С.П. Гупта, 2003) (Земля и Вселенная, № 1, 2005). Изменения концентрации аэрозолей, а следовательно, и ионов происходят при распространении внутренних гравитационных волн (ВГВ) в атмосфере из-за противоположных вертикальных движений воздуха в разных частях волны. Концентрация аэрозолей, как правило, уменьшается с высотой, поэтому при динамических возмущениях с усилением вертикального переноса (ВГВ, приливы, волны Кельвина и Россби-смешанные, тайфуны) содержание аэрозольных частиц с высотой будет возрастать, а число ионов уменьшаться.

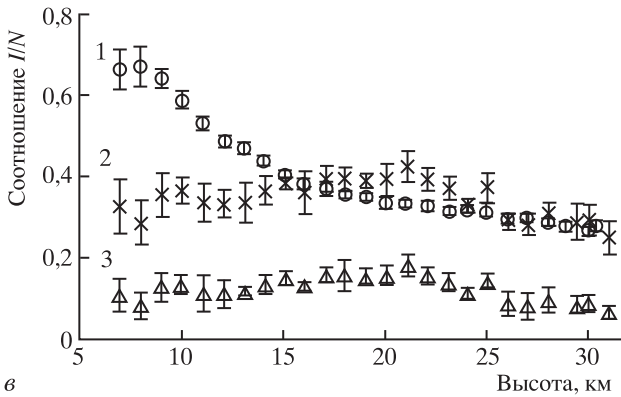
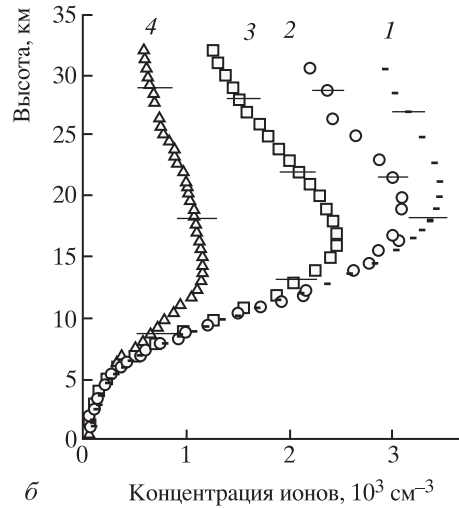
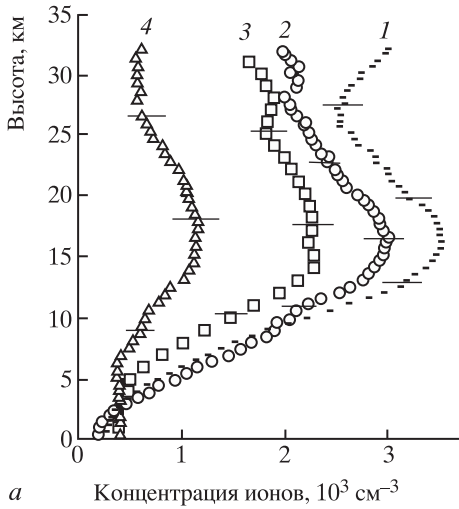


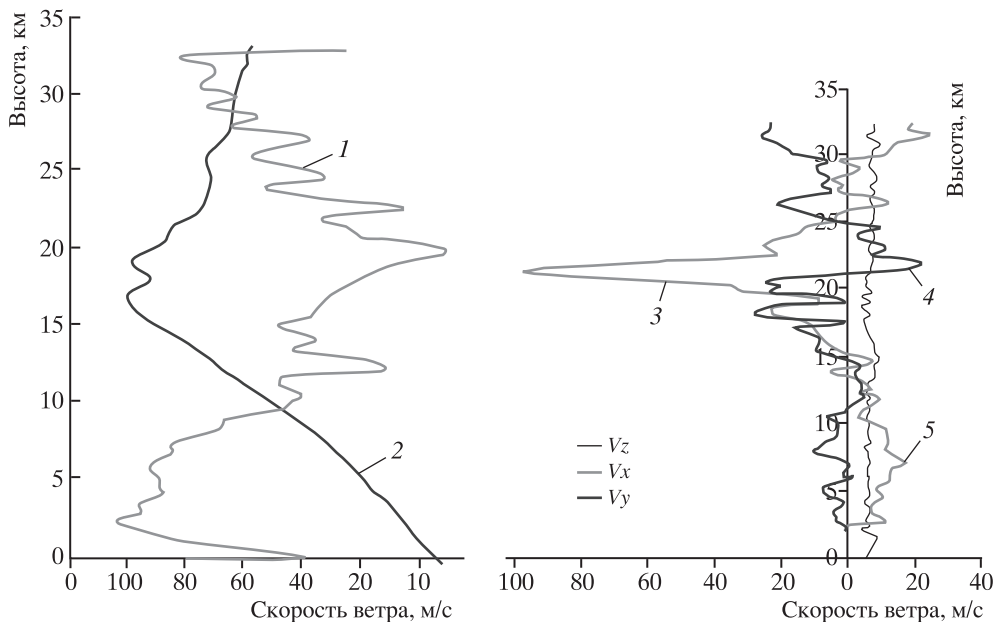
График высотных профилей концентрации ионов на станциях ракетного зондирования атмосферы (поток космических лучей снижается с уменьшением геомагнитной широты): а) 1 – Молодежная (0,4 ГВ), 2 – Рыльск (3,3 ГВ), 3 – Балхаш (5,3 ГВ), 4 – Тумба (17,3 ГВ); б) график высотного распределения потоков космических лучей на различных станциях: 1 – ФИАН им. П.Н. Лебедева, Мирный, Антарктида (0,03 ГВ), 2, 3 – среднеширотные станции с величинами жесткости геомагнитного обрезания для космических лучей (3,3; 5,2 ГВ), 4 – на магнитном экваторе, Тумба, Индия (17,3 ГВ); в) отношение I/N как функции высоты H для магнитного экватора (Тумба; 17,3 ГВ) и среднеширотной станции (Рыльск; 3,3 ГВ): 1 – отношение потоков космических лучей, 2 – отношение ионных концентраций, 3 – отношение квадратов ионных концентраций.

ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫЕ АЭРОЗОЛИ И КЛАСТЕРЫ

Благодаря высокой чувствительности разработанного В.И. Ермаковым

фотоприемника удалось зарегистрировать высвечивание энергонасыщенных аэрозольных частиц при их прохождении вместе с потоком воздуха через “теп-

лый” (выше 0 °С) реактор на траектории парашютирования головной части ракеты. Частицы попадали в реактор из холодной атмосферы (–40–80 °С) на высотах:



Графики волнового характера высотных профилей: 1 – ионной концентрации N , 2 – температуры (слева), 3 – зонального и 4 – меридионального ветра, а также 5 – скорости подъема зонд-баллона (справа) 9 мая в 0 ч 03 мин по Гринвичу.

70–90 км, около 50 км и в интервале 10–40 км. Такие частицы фиксировались днем и ночью практически во всех широтных зонах, но особенно в больших количествах в Антарктиде в период формирования озоновой аномалии – “дыры” (С.Ф. Тимашёв и др., 1993; С.П. Перов, С.Ф. Тимашёв, 2012). Анализ спектра электрических импульсных сигналов фотоприемника привел к важному выводу о высвобождении энергии в объеме аэрозольной частицы при ее попадании в теплый реактор и высвечивании, но не люминесценции с поверхности. В последнем случае распределение амплитуд сигналов было бы квадратичным, а не кубичным, как в нашем случае.

В экспериментах 1982–1984 гг. после извержения вулкана Эль-Чичон в Мексике в апреле 1982 г. такие частицы в значительном количестве были зафиксированы ракетными анализаторами на 30–40 км.

При разработке особо чувствительного (по сравнению с применявшимся ранее) каталитического калориметрического теплового метода измерения атомарного кислорода прибором КДАК обнаружены “энергетически активные агенты” в тех же слоях, где регистрировались “вспышки” энергонасыщенных частиц. Прибор КДАК создан для измерения атомарного кислорода тепловым каталитическим методом с учетом опыта создания предшествующих датчиков и их испытаний в

различных географических районах и при различной гелиогеофизической обстановке.

Лабораторная метрологическая база, созданная для разработки хемилюминесцентного газофазного полетного анализатора озона и атомарного кислорода, использует метод химического титрования окислами азота (NO , NO_2) кислородно-воздушной смеси. В новом варианте датчик регистрирует нагрев двух полупроводниковых термопар, соединенных последовательно, за счет теплового эффекта рекомбинации атомов кислорода из атмосферы на специально подобранной каталитической поверхности. Новая конструкция прибора позволила снизить временную инерцию дат-

чика до величины менее 1 с. Чувствительность КДАК увеличена за счет усилителя с высоким коэффициентом усиления, малыми температурным дрейфом и уровнем собственных шумов, а надежность повышена датчиком-модулятором. Датчик позволил периодически прерывать поток атомов (или других энергонасыщенных частиц) и тем самым определять фоновый сигнал. В результате достигнута высокая чувствительность порядка 0,01 °C вместо 0,5–1 °C. В апогее траектории режим обтекания датчика был свободно-молекулярным (число Кнудсена > 10), что позволило оценить сверху величину концентрации атомов

кислорода – $2 \times 10^{12} \text{ см}^{-3}$. Конструкция КДАК с тефлоновой крышкой обеспечивала максимально возможную чистоту эксперимента, особенно в момент вскрытия створок при взрыве пиропатрона в верхней части. Интересно отметить максимум в профиле на высоте около 15 км, что может говорить о возможном существовании “энергонасыщенных” аэрозолей, диффундирующих в полость прибора и распадающихся на чувствительном элементе с выделением энергии.

Впервые анализ прямого и косвенного воздействия заряженных частиц на атмосферный озон и полученный вклад галактических космических лучей в разру-

шение атмосферного озона на высоте 15–25 км провел член-корреспондент РАН В.Л. Тальрозе и доктор физико-математических наук И.К. Ларин. Они рассмотрели реакционную способность ионных кластеров, которые представляют собой ион, окруженный молекулами. Молекулы удерживаются силами поляризационного или ион-дипольного взаимодействия – теми же “ланжевенновскими” силами, которые обеспечивают большие сечения и константы скорости ионно-молекулярных реакций. Образуются ионные кластеры тем легче, чем ниже температура и выше плотность частиц. По этой причине рещающую роль играют процессы

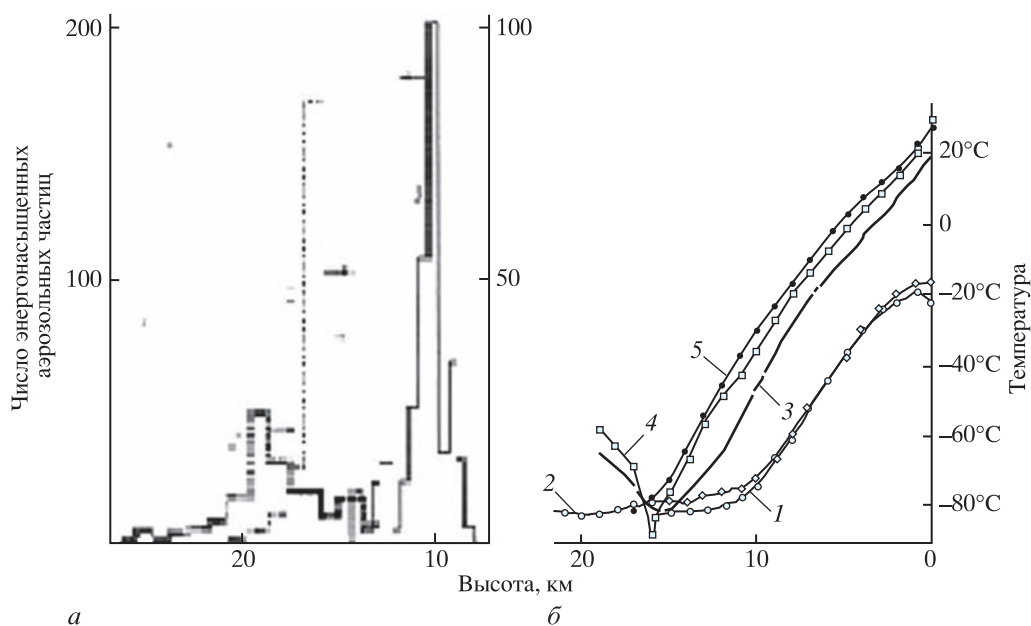


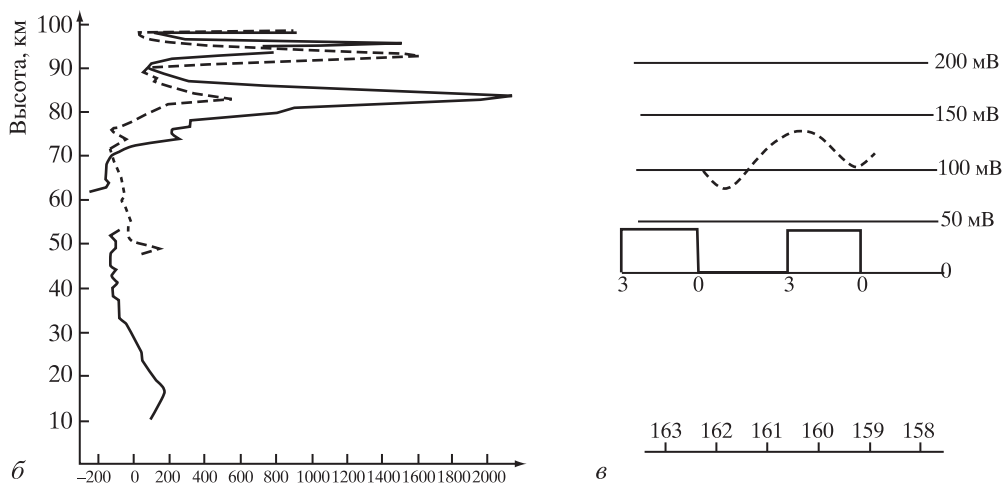
График распределения температуры по высоте по данным радиозондов (б) на станции Молодежная 19 и 26 августа 1987 г. (кривые 1 и 2) и на станции Тумба 25 ноября, 5 и 7 декабря 1987 г. (кривые 3, 4 и 5). а) график количества энергонасыщенных аэрозольных частиц N , прошедших через проточный реактор ГИАКО во время парашютирования головной части ракеты М-100 и рассчитанных на 1 км в свободной атмосфере: 1–3 декабря 1987 г. (день) и 2–5 декабря 1987 г. (ночь); эксперименты, проведенные на международном полигоне TERLS (Тумба). 3–25 августа 1987 г. (утро) на с. Молодежная.



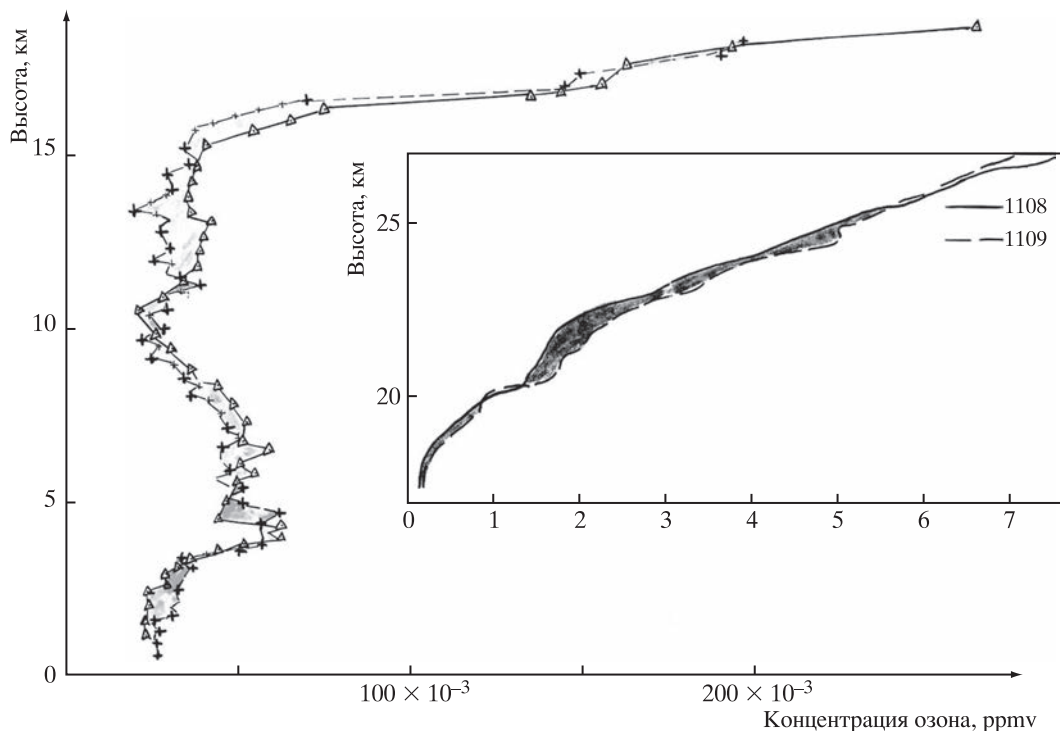
с участием ионных кластеров в холодной мезосфере, особенно в мезопаузе (80–85 км) – слое D ионосферы, и в холодных областях тропосферы и стратосферы выше и ниже тропопаузы. И.К. Ларин выдвинул гипотезу о возможности существования нерекombинирующих ионных кластеров, которая подтвердилась регистрацией энергонасыщенных частиц в ракетных экспериментах на экваторе и в Антарктиде (С.П. Перов, С.Ф. Тимашёв, Э.Е. Гутман, 1993 г.). По оценкам И.К. Ларина, слипшиеся ионные кластеры противоположного знака (до 10^{10} в см^3 на 10–15 км) – центры конденсации водяного пара – могут связывать за год количество воды, близкое к сумме осадков за то же время. Формирование ионных кластеров из простых ионов на высоте 15–25 км сопровождается рождением цепным

путем гидроксильных радикалов, разрушающих атмосферный озон. Такой механизм – единственный ночной цикл гибели озона, чей вклад в его суммарную скорость разрушения достигает 20–45%. Его подтвердили наши ракетные эксперименты в ночной влагонасыщенной атмосфере тропиков: максимальное уменьшение отношения смеси озон – воздух – 15–25% наблюдается в самой холодной части нижней атмосферы, выше и ниже тропической тропопаузы (12–15 км).

Мы предполагаем, что в механизме высотных электрических разрядов (спрайтов, голубых джетов, эльфов и др.) от грозовых облаков в нижнюю ионосферу важную роль могут играть энергонасыщенные аэрозоли, возможно представляющие “замороженную” плазму из непрорекомбинировавших атмосферных



Головная часть ракеты М-100Б с каталитическим датчиком (КДАК) энергетически насыщенных частиц (а). Видны детали эксперимента в момент вскрытия створок при взрыве пиропатрона в верхней части защитной системы. б) Высотные профили сигнала при подъеме (пунктир) и спуске (сплошная) 23 марта 1983 г.; в) пример записи телеметрического сигнала при открытом и закрытом датчике: буквами З и О обозначены положения модулятора: О – модулятор открыт, З – модулятор закрыт, видно, что сигнал при закрытом модуляторе уменьшается.



Графики высотных профилей отношения смеси озон – воздух. Ракетные измерения проведены ночью 24 мая 1990 г. (21 ч 00 мин и 23 ч 00 мин по Гринвичу) хемилюминесцентными анализаторами в головной части, спускавшейся на парашюте.

ионов, молекул воды и других атмосферных газов. На фотографии спрайта выше 25 км запечатлено яркое голубое свечение, обусловленное появлением релейевским (и/или нерелейевским – аэрозольным) рассеянием атмосферы света от обычных молний.

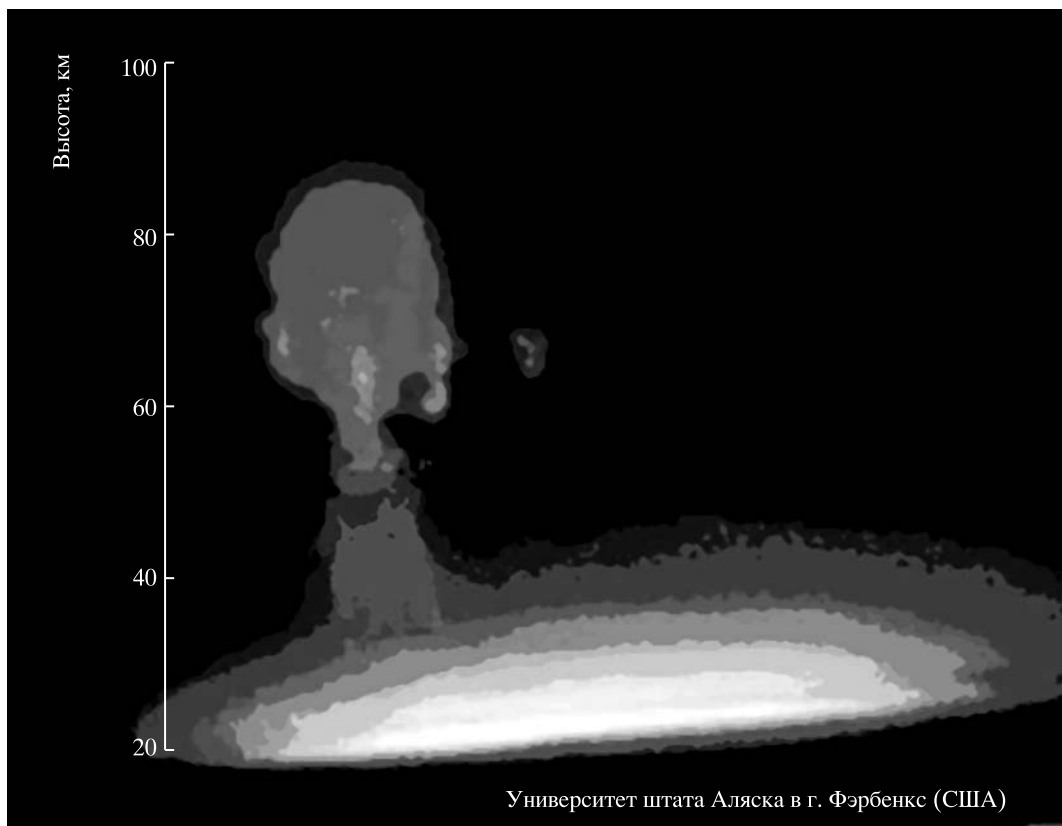
На станции “Восток” в Антарктиде профессором О.А. Трошичевым было обнаружено повышение температуры воздуха (~10°) во время зимних Форбуш-понижений. Возможная схема механизма такова: условия

в слое D приводят к увеличению электрического поля в стратосфере; количество ядер конденсации возрастает, и образуются полярные стратосферные облака, изменяющие радиационный режим всей атмосферы. Зимой 1989 г. ЦАО организовала полет летающей лаборатории Ил-18 “Циклон” к Северному полюсу. Во время полета произошло полярное сияние, и бортовой лидар зарегистрировал синхронное свечение, и бортовой лидар зарегистрировал синхронное появление стратосферных облаков (С.П. Перов, А.Е. Тяботов). Возможно, такой эффект так же важен, как и вышеописанный, при анализе механизма формирования высотных разрядов.

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Максимальная концентрация положительных ионов в ракетных экспери-

ментах Ю.А. Брагина приблизительно на порядок выше, чем концентрация отрицательных ионов в баллонных (аэростатных) экспериментах В.И. Ермакова. Это и есть подтверждение (еще одно!), что в атмосфере могут присутствовать энергонасыщенные частицы с замороженной плазмой. Двигаясь с потоком через горячий ракетный реактор, они распадаются и регистрируются коллектором как однозарядные ионы. Баллонный конденсатор Жердьена пропускает холодный воздух стратосферы, так как его стенки сделаны из тонкого металла, быстро принимающего температуру воздуха, скорость подъема (протока) – 5–6 м/с. По грубым оценкам в средней частице с замороженными ионами могут быть 10^6 – 10^7 ионов (столько квантов света от одной средней частицы



регистрирует ФЭУ в ракетном полете), через реактор проходит при этом $200 \text{ см}^3/\text{с}$. Таким образом, получаем грубую оценку измеряемой максимальной концентрации ионов в ракетных экспериментах Ю.А. Брагина — 5×10^3 – 10^4 ионов в см^3 .

Отметим, что термин “замороженная плазма” широко использован Л.М. Шульманом в его монографии “Ядра комет” (М.: Наука, 1987, 232 с.), в частности, при обзоре работ по проблеме ионно-молекулярных кластеров как резервуаре внутренней энергии.

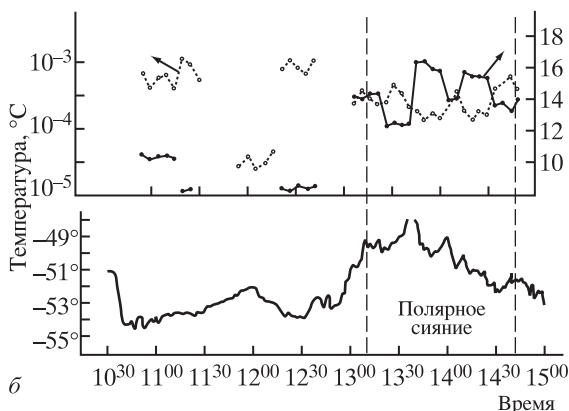
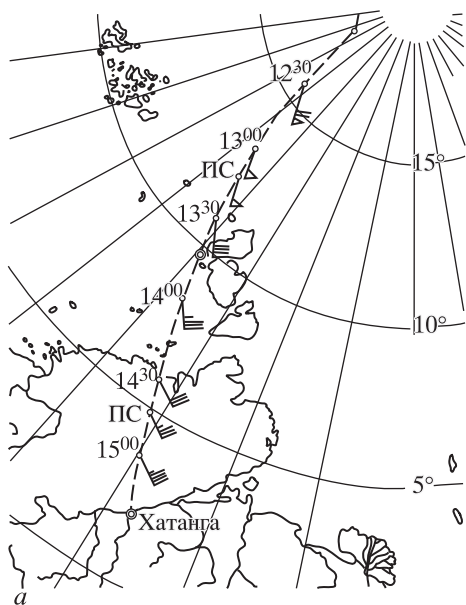
Мы не касаемся результатов других натурных экспериментов, подтверждающих довольно неожиданные особенности газопылевой атмосферной плазмы и позволяющих лучше разобраться

в сложной проблеме атмосферного электричества. Эта проблема связана с гелио-геомагнитной активностью, механизмами изменчивости погоды и климата, глобальной электрической цепию, магнитосферно-ионосферными электрическими токами и распространением электромагнитной и корпускулярной энергии в межпланетном пространстве. Важную, но не всегда учитываемую роль играют различного рода резонансные явления в геосферах и космосе. Астрономические осцилляторы (Солнце, планеты и их спутники), находящиеся в гравитационных и электромагнитных резонансах при взаимодействии с геодинамическими осцилляторами, определяют про-

Первая фотография спрайта, сделанная 4 июля 1994 г. с самолета ВВС США. Видна тонкая структура разряда на высотах выше 60 км, яркое голубое свечение выше 20 км обусловлено релеевским (нерелеевским – аэрозолем) рассеянием атмосферы света от обычных молний.

цессы в геосферах нашей планеты.

Фундаментальные научные достижения в области атмосферного электричества, полученные в нашей стране в последние десятилетия XX в., заставляют



Карта участка маршрута полета Ил-18 "Циклон" от Северного полюса в Хатангу. Показаны скорость и направление ветра на высоте 8000 м (а). Высотно-временной ход коэффициента обратного рассеяния (левая шкала) и высоты отражения лидарных импульсов (правая). Нижняя кривая – ход температуры воздуха на 8000 м. Период полярного сияния показан вертикальными пунктирными линиями (б).

ное значение для будущего прогресса рода людского. Одним из них является управление выпадением осадков... Энергия, необходимая для того, чтобы вызвать выпадение дождя, по сравнению с его потенциальной энергией, подобна искре, вызывающей взрыв заряда динамита. Если бы эта часть природного процесса сознательно регулировалась человеком, он мог бы преобразить весь земной шар. Для достижения этой цели предлагается немало проектов, ни один из которых, по моим сведениям, не дает ни малейшего шанса на успех. Но я убедился, что с соответствующим оборудованием это чудо осуществимо". Ученые уже решают задачу управления погодой и осадками.

В России готовится к запуску университетский спутник "Ломоносов" с аппаратурой для изучения электрических разрядов в ионосфере. Испытывается новая метеорологическая ракета "Мера", введена в строй летающая лаборатория на базе самолета ЯК-40 в дополнение к стратосферному самолету "Геофизика". Продуманный план действий, инициативы в международном научном сотрудничестве, участие и координация выполнения намеченной программы со стороны Президиума РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, Росгидромета и других заинтересованных как государственных, так и частных организаций и структур должны обеспечить решение поставленных задач.

вспомнить работы выдающегося физика и инженера Николая Теслы. В 1919 г. он писал: "Мы пребываем накануне свершений, которые будут иметь колоссаль-

Исследователь странников Вселенной

(К 70-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА М.И. ПАНАСЮКА)

Каждый дурак знает, что до звезд не достать, а умные, не обращая внимания на дураков, пытаются.

Г.Х. Андерсен

Небо и земля разделены, но они делают одно дело.

Конфуций

“Нет более умиротворяющей картины, чем ночное звездное небо. Тысячи звезд создают впечатление абсолютного покоя. ...Реальная же картина, как ученые ее сейчас себе представляют, мало похожа на ту, что нарисована... Вселенная бурлит...” (М.И. Панасюк, “Странники Вселенной, или эхо Большого взрыва”, 2005).

Вероятно, именно романтика Космоса привлекла М.И. Панасюка на физический факультет МГУ, на который он поступил в 1963 г., а затем и на кафедру космических лучей этого факультета, что и определило всю его дальнейшую научную карьеру. Первые научные задачи, которые решались сначала студентом, а затем аспирантом, пришлось на замечательную эпоху – начало Космической Эры.

До полета первых ИСЗ сведения об окружающем Землю пространстве были столь неопределенными и мало изученными, что вопрос о возможности существования вблизи Земли геомагнитно-захваченной радиации не принимался во внимание. Благодаря инициативе директора НИИ ядерной физики МГУ академика С.Н. Вернова, на космических аппаратах, начиная

со второго ИСЗ, стала устанавливаться научная аппаратура, разработанная и созданная коллективом НИИЯФ МГУ, уже в ходе первых космических экспериментов группа ученых открыла внешний радиационный пояс Земли. На Ассамблее Международного геофизического года в 1958 г. С.Н. Вернов и А.И. Лебединский предлагают первый физический механизм образования радиационных поясов за счет распада нейтронов альbedo, рожденных в верхних слоях атмосферы в результате ядерных реакций от первичных космических излучений. Именно С.Н. Вернов принимал студента М.И. Панасюка на кафедру космических лучей, затем стал его научным руководителем в аспирантуре. Так случилось, что М.И. Панасюк стал последним аспирантом выдающегося советского ученого – С.Н. Вернова. М.И. Панасюк внес существенный вклад в физику космоса. Наиболее значимые научные результаты, полученные профессором М.И. Панасюком в течение его научной карьеры, относятся к области астрофизики космических лучей и физики космоса. Начиная с 1968 г., еще будучи студентом, он принимал самое непосред-

ственное участие в проектировании и создании приборов, а затем и в анализе результатов экспериментов, направленных на изучение радиации в околоземном космическом пространстве. Основным направлением его исследований в начале его карьеры в 70-х гг. было изучение малоисследованного ионного состава радиационных поясов. В дальнейшем, в 80-х гг. им инициированы эксперименты по исследованию ионного кольцевого тока – плазменного образования, ответственного за генерацию геомагнитных бурь.

В 1970–1980 гг. на основе идей М.И. Панасюка была выполнена серия космических экспериментов на советских спутниках “Молния-1”, “Молния-2”, “Горизонт” и “Космос”, направленных на изучение ионного состава энергичных частиц радиационных поясов и кольцевого тока Земли. Эти эксперименты осуществлялись с помощью аппаратуры для измерения энергетического, массового и зарядового состава космических заряженных частиц с области энергий от десятков кэВ до десятков МэВ. Аппаратура была разработана под руководством и при непосредственном участии М.И. Панасюка в НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

К наиболее значимым научным результатам Михаила Игоревича относятся следующие:

- впервые, экспериментально и модельно, была определена относительная эффективность действия в околоземном космическом пространстве двух различных механизмов радиальной диффузии частиц в геомагнитной ловушке – электростатической и магнитной, ответственных за формирование потоков частиц в радиационных поясах Земли, и их роль в формировании ионных радиационных поясов и кольцевого тока, ответственного за геомагнитные бури;

- экспериментально исследован вклад солнечного и ионосферного источников частиц в формирование радиационных поясов и кольцевого тока,



Профессор М.И. Панасюк в студенческом практикуме.

и на этой основе создана количественная модель ионных радиационных поясов Земли;

- выявлена роль ионосферного кислорода как основного компонента кольцевого тока, играющего, наряду с протонами солнечного ветра, главную роль в энергетике геомагнитных бурь;

- доказана возможность резонансного ускорения ионов в радиационных поясах (РП) Земли под действием квазипериодических флуктуаций магнитного поля, а также поперечной диффузии частиц РП под действием флуктуаций электростатического и магнитного полей;

- обнаружена асимметричная инжекция частиц кольцевого тока во время главных фаз магнитных бурь, исследованная с наилучшим в мировом эксперименте временным разрешением;

- показано, что, вопреки сложившимся представлениям, в радиационном поясе и кольцевом токе при определенных условиях потоки тяжелых ионов могут преобладать над потоками протонов.

Наряду с этим, под его руководством были осуществлены многочисленные эксперименты на спутниках “Гори-



М.И. Панасюк на отдыхе.

зон”, “Метеор” и “Электро”, орбитальных станциях “Мир” и МКС по изучению радиационных поясов Земли и мониторинга радиационной обстановки.

В МГУ по инициативе М.И. Панасюка



М.И. Панасюк у модели спутника “Ломоносов”.

и при поддержке ректора В.А. Садовнического разработана программа создания малых университетских спутников, позволившая привлечь студентов, аспирантов и молодых сотрудников к космическому эксперименту с первых этапов планирования и до осмысления полученных экспериментальных результатов. Реализация программы начата успешными запусками двух научно-образовательных микроспутников МГУ “Университетский-Татьяна” (2005 г.) и “Университетский-Татьяна-2” (2009). В экспериментах на спутниках “Университетский-Татьяна”, направленных на изучение процессов, происходящих в верхней атмосфере Земли, были получены уникальные результаты по наблюдению новых классов транзитных световых явлений – следствие высотных электрических разрядов, интерпретация которых не укладывается в рамки существующих модельных представлений. В 2011 г. Институтом космических исследований РАН был успешно проведен эксперимент на микроспутнике “Чибис-М”, в котором активное участие принимали сотрудники НИИЯФ МГУ. В 2014 г. под руководством М.И. Панасюка был начат еще один эксперимент на спутнике “Вернов”, направленный на изучение процессов взаимодействия энергичных частиц с верхней атмосферой Земли. В настоящее время закончена работа по подготовке нового масштабного космического проекта Московского университета – создание спутника “Ломоносов”, запуск которого планируется с нового космодрома “Восточный”. Целью экспериментов на космическом аппарате “Ломоносов” является проведение фундаментальных исследований в области экстремальных явлений во Вселенной. На борту этого спутника установлены приборы для исследований космических лучей предельно высоких энергий, мультиволновых измерений, гамма-всплесков, а также радиации в околоземном космическом пространстве (<http://lomonosov.sinp.msu.ru/>).

Область научных интересов М.И. Па-



Директор НИИЯФ МГУ М.И. Панасюк и генеральный директор – генеральный конструктор ВНИИЭМ Л.А. Макриденко около модели ИСЗ “Ломоносов”.

насюка необычайно широка: от исследования динамики кольцевого тока в магнитосфере Земли до астрофизики космических лучей – частиц, которые рождаются во Вселенной и приобретают гигантские энергии посредством космических ускорителей.

Международная известность помогает Михаилу Игоревичу инициировать и руководить крупными международными проектами. В 90-х гг. М.И. Панасюк и его коллеги развивали россий-

ско-американский проект по изучению аномального компонента космических лучей (“Anomalous Cosmic Ray Team”). Этот проект, основанный на коррелированных измерениях аномальных космических лучей на российских и американских спутниках, дал новые важные результаты – доказательства их происхождения из межзвездного вещества, проникающего в гелиосферу и ускоряющегося в этой области, тем самым подтвердив основную гипотезу их про-

исхождения. Наряду с этим впервые было обнаружено явление устойчивого захвата аномальных космических лучей в геомагнитной ловушке – радиационный пояс аномальных космических лучей.

В 2000-х гг. благодаря инициативе Михаила Игоревича российские ученые принимали участие в международном аэростатном проекте Advanced Thin Ionization Calorimeter (ATIC). В рамках этого проекта были получены уникальные, пионерские результаты по химическому составу галактических космических лучей в области энергий, играющей принципиальную роль для идентификации механизма их ускорения.

В настоящее время М.И. Панасюк продолжает свою активную деятельность в области астрофизики космических лучей (Astroparticle Physics). Среди его текущих экспериментов – эксперименты на спутнике “Вернов” (запущен в 2014 г.) по исследованию Gamma Ray Bursts, эксперимент “Нуклон” по исследованию химического состава галактических космических лучей (запущен в 2014 г.), а также планируемые к запуску в ближайшее время эксперименты по исследованию космических лучей предельно высоких энергий (10^{19} – 10^{20} эВ) в районе обрезания Грейзена – Зацепина – Кузьмина на спутнике “Ломоносов” и “K-EUSO” на борту Международной космической станции.

Наряду с космическими экспериментами профессор М.И. Панасюк вместе с коллегами инициировал и успешно развивает наземные установки по изучению галактических космических лучей. Природа источников галактических космических лучей сверхвысоких энергий, несмотря на существенный прогресс в теории их ускорения и распространения, до конца не ясна.

Уже несколько лет работает Астрофизический центр Московского и Иркутского университетов в Тункинской долине (Республика Бурятия), в 50 км от озера Байкал, по исследованию ядерного состава космических лучей. Данные Центра, которые уже опубликованы, относятся к интервалу энергий

10^{16} – 10^{18} эВ и имеют важное значение для понимания проблемы максимальной мощности ускорительного механизма космических лучей, действующего в нашей Галактике. Именно в этом диапазоне энергий ожидается переход от галактического источника к внегалактическому. Первая установка этого центра – установка Тунка-133, регистрирующая космические лучи по черенковскому свету, излучаемому в атмосфере заряженными частицами широких атмосферных ливней (ШАЛ), – в настоящее время крупнейшая установка такого типа в мире. В создании установки и проведении исследований, кроме российских институтов (НИИЯФ МГУ, НИИПФ ИГУ, ИЯИ РАН, ИЗМИРАН), принимали и принимают участие исследователи из Германии и Италии. Тунка-133 позволила единым методом исследовать космические лучи в интервале энергий 10^{15} – 10^{18} эВ. Одним из главных результатов, полученных по данным установки Тунка-133, является доказательство более сложной зависимости интенсивности космических лучей от энергии, чем предполагалось ранее: в спектре наблюдаются две статистически обеспеченные особенности при энергиях $2 \cdot 10^{16}$ и $3 \cdot 10^{17}$ эВ. Изменение спектра при энергии $3 \cdot 10^{17}$ эВ можно интерпретировать, как “второе колено” в энергетическом спектре, связанное с переходом от галактических к внегалактическим космическим лучам. По-видимому, это и есть предел ускорения галактических космических лучей. В 2011 г. в рамках соглашения между НИИЯФ МГУ и Институтом экспериментальной физики Гамбургского университета начаты работы по созданию в Тункинской долине широкоугольного черенковского гамма-телескопа Тунка-HiSCORE, с созданием которого в России возобновятся исследования по гамма-астрономии высоких энергий на мировом уровне.

В прикладном плане исследования радиации и космических лучей сыграли большую роль в решении проблемы обеспечения радиационной безопасности космических полетов. М.И. Па-



М.И. Панасюк с коллегами на Байконуре.

насюк и его коллеги разработали инженерные модели галактических и солнечных космических лучей, околоземной радиации, которые широко используются при разработке новых космических миссий и планировании текущих. Эта часть работы по инициативе профессора М.И. Панасюка получила широкое развитие на международном уровне – в рамках Международной организации по стандартизации с 90-х гг. работает Рабочая группа “Космическая окружающая среда – естественная и искусственная”, в рамках

которой разрабатываются международные стандарты – модели космических факторов, оказывающих влияние на безопасность космических полетов. Эта работа проводится представителями всех ведущих космических агентств под руководством М.И. Панасюка. Весьма актуальным в настоящее время является решение проблемы об относительном вкладе в дозу радиации, во время космических полетов, солнечных и галактических космических лучей (СКЛ и ГКЛ). От решения этой проблемы зависит выбор времени и продолжительность запуска межпланетной миссии. Профессор М.И. Панасюк с коллегами прилагает немало

усилий по унификации моделей, развиваемых в разных странах под эгидой космических агентств, необходимых для осуществления планирования долговременных пилотируемых космических миссий на Луну и Марс.

Говоря об организационных способностях М.И. Панасюка, необходимо упомянуть руководство секцией “Космические лучи” в Научном совете РАН. Как теперь ясно, создание Секции Совета РАН по космосу по инициативе Михаила Игоревича было очень важным и дальновидным. Он принимает самое активное участие в подготовке и проведении Всероссийских конференций и Европейских симпозиумов по космическим лучам. В качестве председателя Оргкомитета Европейских симпозиумов М.И. Панасюк сменил инициатора и многолетнего председателя А. Вольфендейла.

В 2014 г. в МГУ на высоком научном и организационном уровне была проведена 40-я научная ассамблея Международного комитета по исследованию космического пространства (Ассамблея КОСПАР). Более 2000 ученых из многих стран мира принимали участие в ассамблее. Международным научным сообществом вклад М.И. Панасюка как председателя программного и организационного комитетов был высоко оценен – он был избран в члены бюро КОСПАР.

С 1992 г. М.И. Панасюк заведует Отделением ядерной физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, а с 2005 г. также является заведующим кафедрой физики космо-

са. М.И. Панасюк – профессор физического факультета МГУ, в течение многих лет читает курсы в рамках учебного плана кафедры физики космоса, руководит аспирантами.

М.И. Панасюк уже более 20 лет руководит крупнейшим научным институтом МГУ – НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына. За эти годы в институте не только сохранились и успешно развивались такие основные научные направления, существовавшие в течение 70-летней истории этого института, как космическая физика, астрофизика космических лучей, ядерная физика и физика высоких энергий, но появились и новые, актуальные – взаимодействие излучений с веществом, информационные технологии и нанотехнологии. Это позволяет рассматривать Институт как эффективную организацию не только в научных исследованиях, но и в подготовке высококвалифицированных кадров.

В одной небольшой статье невозможно осветить все аспекты обширной творческой научной и организационной деятельности М.И. Панасюка как физика-экспериментатора, воспитателя нового поколения исследователей космического пространства, директора большого института и заведующего отделением физического факультета МГУ. У Михаила Игоревича много планов, задумок и надежд, воплощения которых ему желают коллеги.

Редакция присоединяется к поздравлениям и пожеланиям коллег Михаила Игоревича Панасюка.

Памяти Александра Алексеевича Боярчука

10 августа 2015 г. на 85-м году жизни после тяжелой продолжительной болезни скончался выдающийся российский астрофизик и организатор российской астрономической науки академик Александр Алексеевич Боярчук. Он известен в научном мире своими основополагающими работами в области астрофизики и огромными заслугами в развитии методов внеатмосферной астрономии в СССР, а затем в России, пользовался огромным авторитетом в области фундаментальных космических исследований. А.А. Боярчук был крупнейшим специалистом по внеатмосферной астрономии. Сфера его научных интересов охватывала астроспектроскопию, физику звезд, телескопостроение. Александр Алексеевич внес большой вклад в области исследования взаимодействующих двойных звезд разных типов. Под его научным руководством и при непосредственном участии была успешно осуществлена программа исследований с помощью крупной отечественной космической астрофизической обсерватории для наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне “Астрон” (1983–1989). До последнего времени А.А. Боярчук активно работал над международным космическим проектом нового поколения “Всемирная космическая обсерватория – ультрафиолет” (“Спектр-УФ”; Земля и Вселенная, 1999, № 2).

Александра Алексеевича похоронили на Троекуровском кладбище Москвы. Напомним об основных вехах жизни ученого и о его работах.

А.А. Боярчук родился 21 июня 1931 г. в г. Грозном в семье учителей. В 1953 г. он окончил математико-механический факультет Ленинградского государственного университета по специальности “астрономия”, где был учеником академика В.В. Соболева. По окончании университета А.А. Боярчук поступил в аспирантуру Крымской астрофи-



Академик А.А. Боярчук (1931–2015).



Выступает академик А.А. Боярчук. 1990-е гг.

зической обсерватории АН СССР и под руководством члена-корреспондента Э.Р. Мустеля провел спектральные исследования Ве-звезд. В 1958 г. защитил кандидатскую диссертацию на эту тему (Земля и Вселенная, 2001, № 3). В начале 1960-х гг. А.А. Боярчук увлекся исследованием симбиотических звезд. В их спектрах сосуществуют молекулярные полосы, присущие холодным звездам, и линии многократно ионизованных элементов, которые могут возникать лишь в условиях очень горячего излучения и низкой плотности. Выдвигались различные объяснения столь странных спектральных особенностей, но именно Александр Алексеевич предложил модель симбиотических звезд, согласно которой их сложные спектры обусловлены излучением трех компонентов: холодной звезды-гиганта, белого карлика и горячего газа, возбужденного свечением горячего белого карлика. Такая составная система – естественная стадия эволюции двойных звезд с компонентами различных масс, когда первоначально более массивный компонент уже перешел в стадию белого карлика, окруженного разреженной сброшенной

оболочкой, а менее массивный, но более яркий в видимых лучах компонент еще пребывает в состоянии красного гиганта. Эта модель А.А. Боярчука получила многочисленные подтверждения в последующих оптических, инфракрасных, ультрафиолетовых и радио наблюдениях. Итогом работ по этой тематике, принесшим Александру Алексеевичу мировую известность, стала защищенная им в 1969 г. докторская диссертация “Исследование симбиотических звезд”. Затем его назначили заместителем директора КрАО, и он занимал этот пост до 1987 г. Директором КрАО, в те годы головного астрономического учреждения Академии наук СССР, был крупный советский астрофизик академик А.Б. Северный.

Важной вехой в биографии А.А. Боярчука и в летописи отечественной космической астрофизики стала подготовка научной программы исследований на космической обсерватории “Астрон”, предназначенной для наблюдений в ультрафиолетовом участке спектра (Земля и Вселенная, 1984, №№ 2, 5; 1990, № 6). А.А. Боярчук возглавил этот проект, в 1983–1989 гг. во время работы обсерватории получены важные результаты. В частности, были измерены распределения энергии в спектрах более 100 звезд, перекрывших практически всю диаграмму Герцшпрунга – Рессела, выполнено прямое обнаружение горячих белых карликов в симбиотических системах, определены градиенты скорости истечения вещества из горячих звезд. Кроме того, получены новые данные по составу излучения активных ядер галактик, зафиксированы активные процессы на красных карликах. Интерес международного астрономического сообщества вызвала полученная группой проекта “Астрон” информация об эволюции темпа истечения вещества из ядра кометы Галлея в процессе ее приближения и удаления от Солнца и наблюдения знаменитой Сверхновой 1987А, вспыхнувшей в Большом Магеллановом Об-



Ведущие конструкторы А.А. Моишеев, О.Г. Ивановский и руководитель космического эксперимента “Астрон” А.А. Боярчук возле макета телескопа “Спика”, установленного на борту космической обсерватории “Астрон”. 2001 г.

лаке. За создание космической обсерватории “Астрон” А.А. Боярчук был удостоен Государственной премии. Признанием его заслуг стало избрание членом-корреспондентом (1976), а затем действительным членом АН СССР (1987).

В 1987 г. Александр Алексеевич принял приглашение возглавить Астрономический совет АН СССР в связи с кончиной его председателя Э.Р. Мустеля. Под руководством А.А. Боярчука Астросовет превратился в ведущий астрономический институт – Институт астрономии РАН (ИНАСАН), до 2003 г. он был его директором, а затем стал научным руководителем.

Внушительен список отечественных и международных организаций, в которых А.А. Боярчук занимал важные посты:

1990–2002 – член Президиума Российской академии наук (в 1990 г. – АН СССР);

2002–2015 – советник Российской академии наук;

1996–2002 – академик-секретарь Отделения общей физики и астрономии РАН;

1997–2015 – заведующий кафедрой экспериментальной астрофизики астрономического отделения физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова;

1994–2015 – заместитель председателя Совета РАН по космосу;

1992–2015 – председатель Национального комитета российских астрономов;

1987–2015 – главный редактор “Астрономического журнала” РАН;

1992–2004 – член секции физико-математических наук Комиссии по Государственным премиям РФ в области науки и техники при Президенте РФ;

1994–2015 – заместитель председателя Межведомственной экспертной



А.А. Боярчук и Б.М. Шустов во время испытаний астрономических приборов в лаборатории НПО им. С.А. Лавочкина. 2005 г.

комиссии по космосу при Правительстве РФ;

1993–2015 – член комплексного научно-технического совета Федерального космического агентства (Роскосмос);

1990–2005 – председатель Национального комитета РФ по участию в международном Комитете по космическим исследованиям (COSPAR);

1996–1999 – заместитель председателя Объединенного научного совета по астрономии РАН;

1986–1999 – председатель Координационного совета по наземной оптической астрономии РАН;

1988–1999 – председатель Научного совета АН СССР “Внеатмосферная астрономия”;

1995–2015 – председатель экспертной комиссии по физике и астрономии Совета по грантам Президента РФ для поддержки научных исследований молодых российских ученых–докторов наук и государственной поддержке ведущих научных школ РФ;

1995–2015 – член секции по космическим исследованиям Комитета по премиям Правительства РФ;

1993–2015 – член экспертной комиссии по присуждению Большой золотой медали РАН им. М.В. Ломоносова;

1993–2015 – председатель экспертной комиссии по присуждению премии им. А.А. Белопольского РАН;

1991–1994 – Президент Международного астрономического союза;

1988–1991 – Президент-элект Международного астрономического союза;

1994–1997 – советник Исполнительного комитета Международного астрономического союза;

1994–2002 – член Бюро Международного комитета по космическим исследованиям (COSPAR);

1994–2005 – национальный представитель Российской Федерации в Международном комитете по космическим исследованиям (COSPAR);

1997–2015 – член Президиума Международной академии астронавтики.

В этом далеко не полном списке выделим один весьма важный для всей нашей науки факт. В 1991–1994 гг. Александра Алексеевича избирают Президентом Международного астрономического союза. За всю историю МАС на этот пост “главного астронома планеты” от нашей страны избирались только двое – академики В.А. Амбарцумян и А.А. Боярчук.

В научном споре А.А. Боярчук мог оставить академичный стиль и увлеченно заняться исследованием или дискуссиями, то есть выяснением научной истины, невзирая на авторитеты и общепринятые теории. В 1980-е гг. Александр Алексеевич не раз задавал специалистам по двойным звездам вопрос: почему все они полагают, что в процессе перетекания вещества в тесной двойной системе с одной звезды на другую струя перетекающего газа, образовав диск вокруг аккрецирующей звезды, затем сталкивается с этим диском как со стенкой (модель “горячего пятна”). Модель на первый взгляд отражала процессы с точки зрения физики и широко использовалась для интерпретации наблюдений, поскольку

давала удобное и “общепринятое” обоснование. Но на вопрос А.А. Боярчука “Почему все-таки предполагается появление ударной волны при взаимодействии со “стенкой”, а не плавное сопряжение по скорости газового потока с диском?”, оппоненты либо не находили ответа, либо отвечали, что это не важно (раз большая часть наблюдений объясняется моделью “горячего пятна”, значит, так оно и есть). Не согласившись с таким выводом, Александр Алексеевич вместе с несколькими молодыми исследователями решил численно смоделировать процесс обмена массами в таких системах. Он получил качественно новые результаты о характере перетекания вещества и о его свечении. В настоящее время теория поздних стадий эволюции двойных систем, выросшая из концепции А.А. Боярчука, – одно из наиболее активно разрабатываемых направлений астрофизики. Она включает рассмотрение семейства различных катаклизмических систем, все разнообразие симбиотических, новых и новоподобных звезд. Еще один изящный результат, достигнутый методом численного моделирования – обнаружение неизвестного типа “прецессионных” спиральных волн во внутренних частях аккреционных дисков в тесных двойных системах. Открытие прецессионных спиральных волн позволило впервые в рамках единой модели объяснить все существенные наблюдательные особенности гигантских вспышек и “сверхгорбов” в звездах типа SU UMa. Звезды типа SU UMa – это карликовые новые, у которых кроме обычных вспышек происходят супервспышки, имеющие амплитуду 5^m-6^m . В течение супервспышки наблюдаются периодические модуляции кривой блеска с амплитудой в несколько процентов – “сверхгорбы”. Согласно проведенным расчетам возникновение прецессионной спиральной волны в центральных областях аккреционного диска звезды приводит к резкому повышению темпа аккреции и



Академики А.А. Боярчук и Л.М. Зелёный. Седьмое заседание российско-болгарской Исполнительной рабочей группы по фундаментальным космическим исследованиям. Москва. 20 декабря 2010 г.

развитию супервспышки. При этом аккреция происходит асимметрично и на поверхности звезды-аккретора образуется яркое пятно, наблюдаемое как “сверхгорб” на кривой блеска.

Имея за плечами большой опыт руководства успешным космическим экспериментом “Астрон”, А.А. Боярчук продолжал работать до последних дней над космическим проектом нового поколения – “Спектр-УФ” (“Всемирная космическая обсерватория – Ультрафиолет”; Земля и Вселенная, 2006, № 5). Проект “Спектр-УФ” нацелен на исследование Вселенной в недоступном для наземных инструментов ультрафиолетовом участке спектра (115–320 нм). Наблюдения в этом диапазоне дают важнейшую информацию о небесных телах и межзвездном пространстве, но с земной поверхности они невозможны из-за экранирующего влияния атмосферы. В рамках данного проекта планируется выведение на орбиту телескопа, обладающего главным зеркалом диаметром 170 см. Телескоп будет оснащен спектрографами высокого и низкого разрешения, а также камерами для построения высокока-



Испытания космической обсерватории “ВКО-УФ” в лаборатории НПО им. С.А. Лавочкина. Октябрь 2012 г.

чественных изображений в УФ- и оптическом участках спектра. Реализация проекта “Спектр-УФ” позволит внести существенный вклад в решение широкого круга астрономических задач, касающихся эволюции Вселенной, звездообразования, химической эволюции галактик в ближней Вселенной (при $z < 2$, то есть около 80% ее объема), аккреционных процессов в астрофизике, межзвездной среды, физики звезд, а также физики и химии планетных атмосфер и комет. Этот проект вызывает большую заинтересованность профессиональных астрономов во многих странах. Дело в том, что по своим возможностям обсерватория “Спектр-УФ” близка к всемирно известному Космическому телескопу им. Хаббла. В настоящее время остро стоит проблема доступа к ультрафиолетовому диапазону после завершения функционирования КТХ, так как работы по созданию космических обсерваторий нового поколения еще нигде не начаты. Полу-

чается, что проект “Спектр-УФ” будет единственной обсерваторией данного класса в 2020-х гг. Реализация такого проекта существенно поднимет престиж России в глазах мирового астрономического сообщества.

А.А. Боярчук воспитал учеников, многие из которых сами уже стали авторитетными астрофизиками. Среди них доктора физико-математических наук И.С. Саванов, Л.С. Любимков, Т.А. Киппер, Л.С. Лууд, М.Ю. Скульский, Д.В. Бисикало.

А.А. Боярчук был награжден многочисленными наградами и премиями: орден “За заслуги перед Отечеством” IV степени (2000), “Орден Почета” (1996), орден “Знак Почета” (1975), медаль “За доблестный труд”. В 1984 г. ему вручили Государственную премию СССР в области науки и техники за разработку и создание астрофизической станции “Астрон”, в 2001 г. – премию им. Ф.А. Бредихина Российской академии наук. Он был удостоен главной премии

Международной академической издательской компании “Наука/Интерпериодика” за 1998 год, премии Международной академической издательской компании “Наука/Интерпериодика” за 1995 год. Его избирают действительным членом Российской академии наук (1991), профессором (1990), заслуженным профессором МГУ (1999), почетным доктором Санкт-Петербургского университета (2001), иностранным членом Национальной академии наук Украины (2000), членом Королевского астрономического общества (Великобритания, 1989), членом Американского астрономического общества (1989), членом Американского физического общества (1988), действительным членом Международной астронавтической федерации (1987), членом Международного астрономического союза (1961), членом Международной академии астронавтики (1986), членом-основателем Европейского астрономического общества (1990).

Александр Алексеевич в разные годы был членом редакционных коллегий изданий: “Астрономический журнал” (главный редактор), “Доклады Российской академии наук” (ранее – “Доклады Академии наук СССР”), “Вестник Российской академии наук”, Большая российская энциклопедия, “Наука в России”, “Известия Крымской астрофизической обсерватории”, “Астрофизика” (Армения), Реферативный журнал ВИНТИ “Астрономия”, “Земля и Вселенная”, “Astrophysics and Space



Академик А.А. Боярчук в кабинете ИНА-САН. 2014 г.

Science”, “Вестник ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина”.

Имя А.А. Боярчука навсегда записано в летопись мировой астрономической науки. Оно увековечено в названии “Боярчук”, присвоенном малой планете MPC 7785.

*Б.М. ШУСТОВ,
член-корреспондент РАН
директор Института астрономии РАН
М.Е. САЧКОВ,
доктор физико-математических наук
заместитель директора
Института астрономии РАН.*

Из истории орбитальных станций до 1957 г.

Т.Н. ЖЕЛНИНА

Музей космонавтики им. Германа Оберта (Фойт, Германия)

Предлагаемая статья содержит наиболее полный аналитический обзор проектов орбитальных станций, выдвинутых до начала космической эры.

С середины 1930-х гг. до середины 1940-х гг. в теоретических исследованиях по проблемам освоения космоса возникла пауза. Многие пионеры космонавтики сосредоточились на практических работах по созданию ракетного оружия. Однако голоса энтузиастов космического полета звучали и в эти годы, хотя не так громко, как во второй половине 1920-х гг. В Германии наиболее активно проявили себя члены Общества космических исследований (Gesellschaft für Weltraumforschung), созданного в 1937 г. в Кёльне. В 1939–1942 гг. на страницах выпускавшегося им журнала было опубликовано несколько статей Г. фон Пирке, Г. Кайзера и В. Горма, постаравшихся вновь привлечь внимание читателей к проблеме космических станций, сделав основной акцент на раскрытии преимуществ, которыми обернется их создание (причем, не только в околоземном пространстве, но и на орбитах вокруг Луны, Марса и Венеры).

Примечательны рассуждения В. Горма, остановившегося, в частности, на значении орбитальной станции в развитии гелиоэнергетики. При этом впервые в западной литературе были высказаны опасения по поводу возможной милитаризации космонавтики. В. Горм подчеркнул, что “солнечная установка”, размещенная на космической станции, может служить как процветанию, так и разрушению Земли, превратившись, наряду с атомной бомбой, в ужасное оружие. Он писал: *“Может быть, этот аспект проблемы космической станции станет самым серьезным и трудным. Поскольку главным препятствием человеку испокон веку был сам человек. Пусть читатель подумает над этим. Только хочется предостеречь тех, кто первыми полетит на космическую станцию. Помните, что именно тогда человек наиболее близок к тому, чтобы совершить нечто ужасное, когда он жаждет лучшего. Наше усиливающееся техническое могущество должно быть пронизано пониманием этого. Только тогда космическая станция может и должна быть построена как чудо в истории человечества”*.

Следующим рубежом в развитии идеи космической станции можно считать середину 1940-х гг., когда стало известно, что немецкие ученые и инже-

¹ Окончание, начало в №№ 4 и 5, 2015.

неры создали ракету А-4 (Фау-2), способную преодолевать расстояние около 270 км и достигать высоты порядка 160 км. Во второй половине 1940-х гг. – первой половине 1950-х гг. в представлениях о ракетах ближайшего будущего, формировавшихся в том числе в ходе осмысления и переосмысления конструкции А-4, отчетливо просматривались контуры транспортных средств – ракет-носителей, способных выводить космические летательные аппараты на околоземную орбиту. Уверенность в том, что появление таких ракет не заставит долго себя ждать, естественно, внесла коррективы в обсуждение темы космических полетов. Оно вновь охватило широкие круги общественности разных стран, а предметом особого интереса стали детальные программы и технические проекты, которые должны были последовать за запуском первого искусственного спутника Земли.

Общетеоретические представления о космической станции теперь наполнились содержанием программного характера. Значительная часть исследователей, чьими именами представлен послевоенный период истории орбитальных станций, имела достаточно длительный опыт работы в области ракетной техники. Неудивительно, что многие из них разрабатывали свои проекты космической станции под конкретные ракеты-носители. Еще одной своеобразной чертой этого периода стало стремление к унификации отдельных элементов станции и отказ от разбросанных в космическом пространстве сооружений, соединенных между собой тросами, электрическими кабелями и воздушными шлангами, в пользу крупногабаритных целостных конструкций. Такие околоземные станции содержали жилые, лабораторные, производственные и служебные помещения. В качестве сборочных элементов предлагались сферы, полусферы, диски, цилиндры, жесткие ажурные соединения и платформы. Все выдвиг-



Артур Кларк. 1947 г.

нутые в первое послевоенное десятилетие проекты в качестве непременного условия функционирования космической станции предусматривали создание в жилых отсеках искусственной тяжести. Планировалось выведение станции на орбиту по частям. Велась оживленная дискуссия о назначении станций, их устройстве, особенностях их обслуживания, создании на них условий для жизни и трудовой деятельности человека.

Огромный вклад в изучение этих проблем внесли члены основанного в 1933 г. Британского межпланетного общества (The British Interplanetary Society). Первым из них стал будущий известный писатель, ученый, футуролог и изобретатель Артур Чарльз Кларк, опубликовавший в октябре 1945 г. статью “Внеземные ретрансляторы: в состоянии ли ракетные станции обеспечить всемирную радиосвязь?”. В ней было впервые предложено создать систему из трех станций-ретранс-

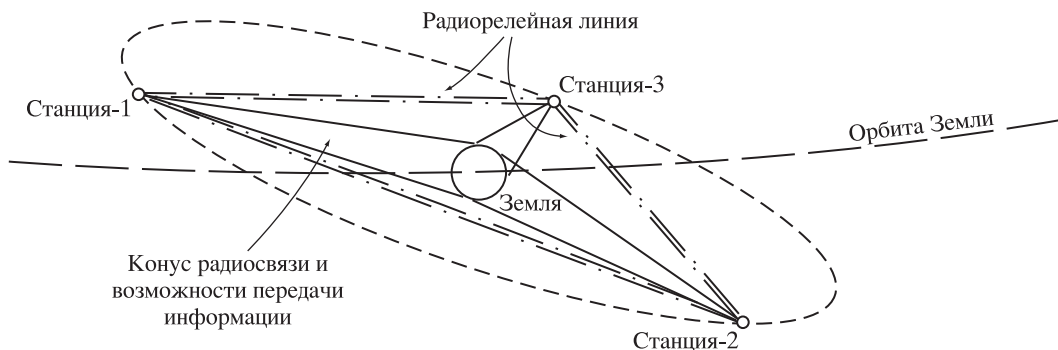


Схема системы глобальной связи через геостационарные спутники. Рисунок к статье А. Кларка "Внеземные ретрансляторы". 1945 г.

ляторов, размещенных на геостационарной орбите, и, главное, обоснована возможность реализации этого проекта в обозримом будущем. Во второй половине XX в. эта идея воплотилась в размещении на геостационарной орбите всех глобальных систем коммуникационных спутников. Геостационарную орбиту иногда называют орбитой Клар-

ка или поясом Кларка. В статьях и книгах, опубликованных в 1946–1955 гг., А. Кларк не только углубился в проблему осуществления глобальной космической связи, но и подробно описал станции на околоземных орбитах. С них можно было бы наблюдать и изучать Землю и другие небесные тела, использовать как перевалочные пункты при полетах к Луне и планетам. Кроме них Кларк описал станцию диаметром более 100 м, рассчитанную на несколько сотен человек, – первый отель на орбите, в котором искатели космических приключений могли бы проводить выходные дни или отпуск. А. Кларк отталкивался от проекта космической станции, опубликованного в 1949 г. его соотечественником Харри Эрнестом Россом в статье "Орбитальные базы", сопровождавшейся великолепными рисунками другого англичанина, Ральфа Эндрю Смита (следует отметить, что Росс и Смит, в свою очередь, при разработке проекта станции опирались на мысли, высказанные и обоснованные А. Кларком в статье 1945 г.) Они предложили создать многофункциональную станцию для экипажа из 24 научных специалистов. Это была серьезная заявка на детальное изучение Земли из космоса, проведение метеорологических и астрономических наблюдений, исследование космических лучей и влияния излучений на живые орга-

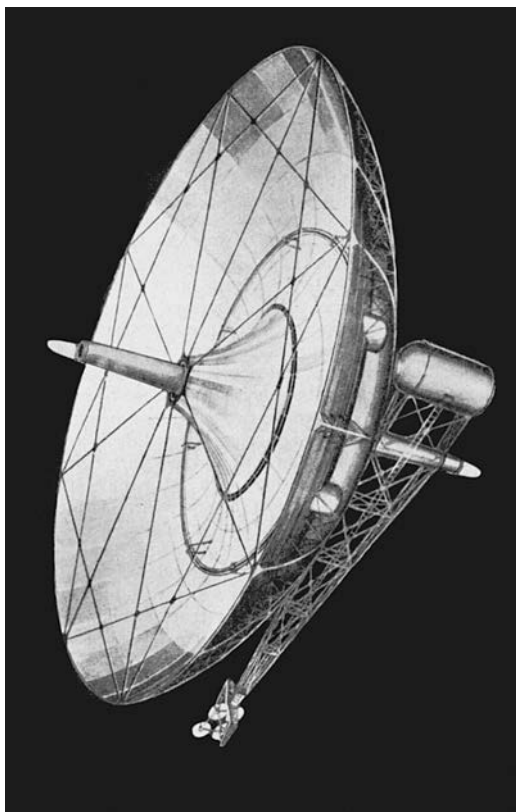


Ральф Смит и Харри Росс. 1949 г.

низмы. В отличие от Германа Поточника-Нордунга Росс и Смит представили станцию как единую конструкцию. Она состояла из трех жестко соединенных частей: центральной сферы диаметром 30 м (включавшей жилые отсеки, лаборатории и мастерские), укрепленного на ней вращающегося параболического зеркала диаметром 60 м и отходящей от сферы неподвижной ажурной штанги с причалами для космических кораблей. На штанге крепилась шлюзовая камера для выхода космонавтов в открытый космос, она могла бы также служить для экспериментов в условиях невесомости. Зеркальная полусфера предназначена для собирания солнечных лучей, преобразующихся в электрическую энергию. В фокусе зеркала имеется система труб, по которым течет жидкость, например вода или ртуть. Жидкость испаряется, и пар приводит в действие турбины восьми электрогенераторов, расположенных позади зеркала. Зеркало и находящиеся за ним помещения с людьми вращаются для создания эффекта тяжести, совершая один оборот за 7 с. Вращение обеспечивала система гироскопов с аппаратурой управления.

В сентябре 1949 г. тему космических станций подхватил еще один член Британского межпланетного общества — Эрик Бургесс. В статье “Создание и использование искусственных спутников” и в более поздних книгах “Введение в ракетную технику и космонавтику” и “Спутники и космический полет” он не только повторил уже известные предложения об использовании и устройстве станций, но и высказал другие интересные соображения. Так, он расширил возможности внеземной станции, предложив вынести на нее не только эксперименты, требующие условий вакуума и высоких температур, но и опасные и вредные для жизни человека работы, в частности в области атомной физики.

В конце 1940-х гг. идея космической станции заняла прочное место на страницах научных и научно-популярных



Орбитальная станция X. Росс и Р. Смита. Рисунок Р. Смита. 1949 г.

книг и статей по космонавтике. Немецкий популяризатор Хайнц Гартман писал о значении станций в освоении космоса и ссылался на труды Г. Оберта 1923–1929 гг. Конструкция “жилого колеса” Г. Поточника-Нордунга угадывалась в проекте 1949 г. “промежуточной отправной станции для космических путешествий” советского ученого, специалиста в области космической навигации и популяризатора космонавтики Ари Абрамовича Штернфельда (Земля и Вселенная, 1985, № 6; 2000, № 5). Правда, в его “колесе” отсутствовали ступицы и спицы, так что причаливать космическим кораблям к непрерывно вращавшемуся тору было бы довольно сложно. Позднее А.А. Штернфельд разработал еще один проект станции,



Эрик Бургесс. 1949 г.

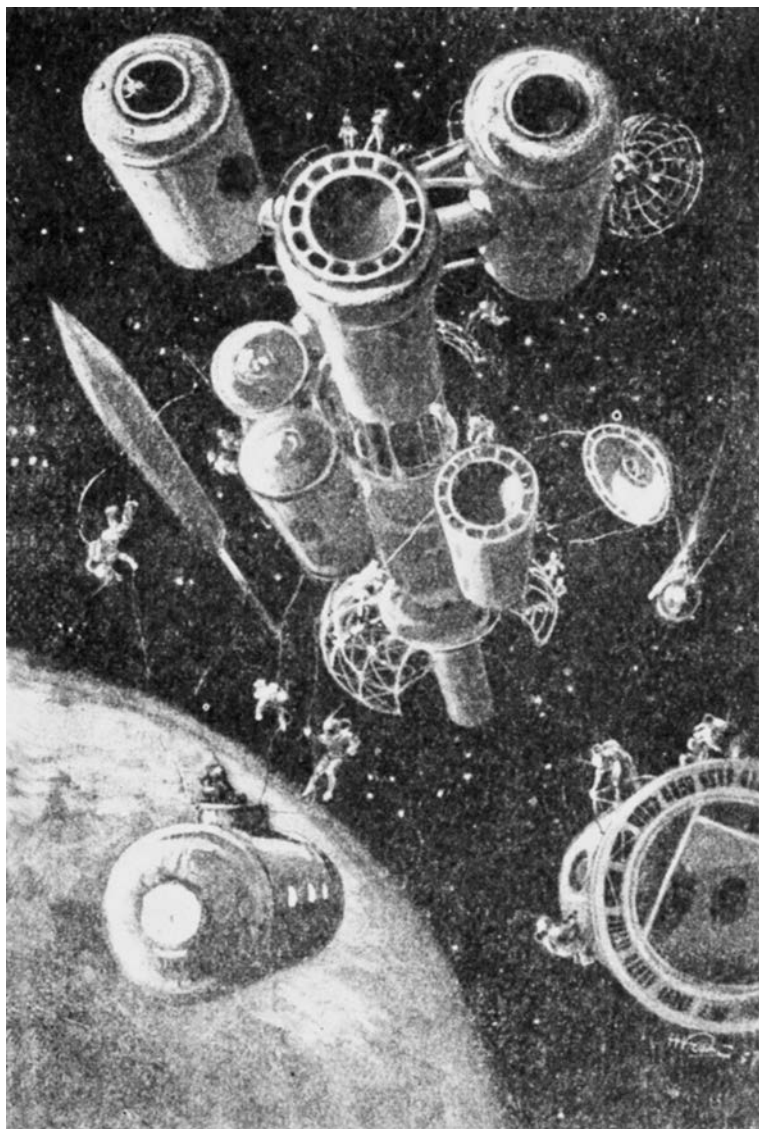
составленной из отработанных верхних ступеней ракет-носителей. Предполагалось, что в одних блоках станции будет поддерживаться невесомость, в других – искусственная гравитация. Станцию Штернфельда надо было собирать на орбите не из частей и фрагментов, а из последних ступеней ракет, емкости топливных баков которых переоборудовали под жилые помещения и лаборатории. Этот замысел был воплощен в единственной американской орбитальной станции “Скайлэб”, в 1973–1974 гг. на ней работали три экипажа (Земля и Вселенная, 1973, №№ 5, 6; 1974, № 2; 2004, № 3).

В 1951 г. член германского Общества изучения космоса (die Gesellschaft für Weltraumforschung) Хайнц Герман Кёлле создал проект станции, состоящей из 36 сфер диаметром 5 м. Соединенные в кольцо, подобно “жилому колесу” Поточника-Нордунга, они крепились к центральному отсеку-ступнице с помощью восьми спиц-переходов, в

четырёх из них монтировались лифты. По расчетам Х. Кёлле, станция массой 150 т вмещала до 65 человек. Программа научных экспериментов включала метеорологию, навигацию морских судов, связь, исследование Земли и Вселенной, поведение твердых тел, жидкостей и газов в космосе, влияние невесомости на живые организмы, промежуточную сборку и дозаправку топливом космических кораблей, отправляющихся на Луну и к другим планетам, и даже помощь экипажам, терпящим бедствие в космосе.

Статьи Х. Кёлле задали тон в обсуждении темы космической станции, развернувшейся на страницах немецких изданий. Их авторы затронули широкий круг вопросов – от медико-биологического обеспечения станции до осуществления радиосвязи с ней. В сентябре 1951 г. большинство докладов, представленных в Лондоне на втором Международном астронавтическом конгрессе, в той или иной степени уделяли внимание созданию станций вне Земли и пребыванию на них людей.

В 1951 г. свой ранний проект станции представил руководитель Отдела по разработке управляемых ракет Армии США (Арсенал Редстоун в Хантсвилле, штат Алабама) Вернер фон Браун (Земля и Вселенная, 2002, № 6). В 1936–1945 гг. он занимал пост технического директора Центра по созданию боевых ракет армии Германии в Пенемюнде, был главным конструктором первой в мире баллистической ракеты дальнего действия А4 (Фау-2). Влияние книги Поточника-Нордунга на проект орбитальной станции фон Брауна очевиден. Станция выглядела как правильный двадцатиугольник диаметром 61 м, в его центре размещалась ступица с воздушной камерой и двумя отходящими от нее толстыми спицами-переходами. Большое параболическое зеркало на балках концентрировало солнечный свет и направляло его на котел, укрепленный под ступицей и снабженный системой паровых труб с конденса-



Монтаж орбитальной станции из последних ступеней ракет-носителей. Рисунок из книги А.А. Штернфельда "Искусственные спутники". 1958 г.

торными трубками (с помощью такого "солнечного двигателя" предполагалось снабжать станцию энергией). Для жесткости вся конструкция стягивалась тонкими спицами. Станцию планировалось расположить на орбите высотой 1760 км, она предназначалась для изучения Земли. По этому поводу фон

Браун писал: "Человек, наблюдающий Землю сверху, будет иметь уникальную возможность видеть образование облаков над поверхностью Земли, и особенно над океанами. Это открывает новые возможности для прогнозов погоды. Используя мощные телескопы, вы можете видеть суда, переплываю-



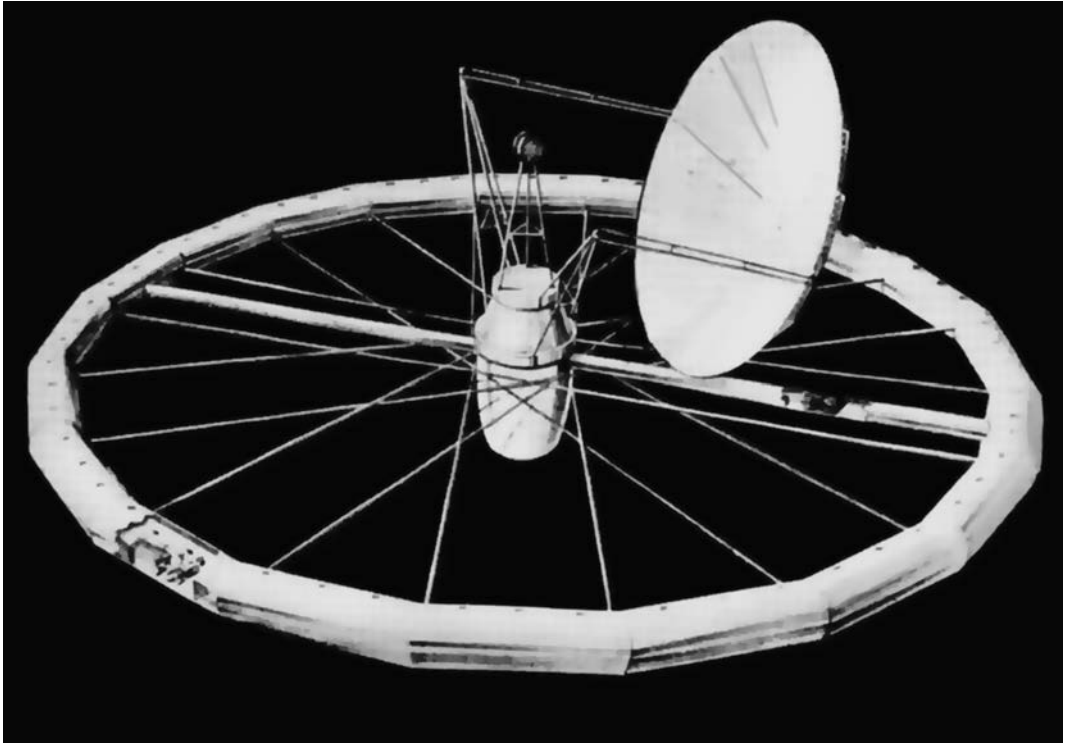
Вернер фон Браун. 1950 г.

щие океаны, и тут же посылать предупреждения судам, которым угрожает столкновение с айсбергами, и, хотите верьте, хотите нет, при достаточном усилении можно будет наблюдать людей, двигающихся по земной поверхности. Это возможно благодаря тому, что атмосфера, если смотреть через нее из космоса, представляет меньшую помеху, чем при астрономических наблюдениях с помощью телескопов, находящихся на Земле. Если мы повернем телескоп, установленный на спутнике, к другим телам Вселенной – планетам и звездам, – мы будем иметь несравнимые с земными условия для наблюдений”.

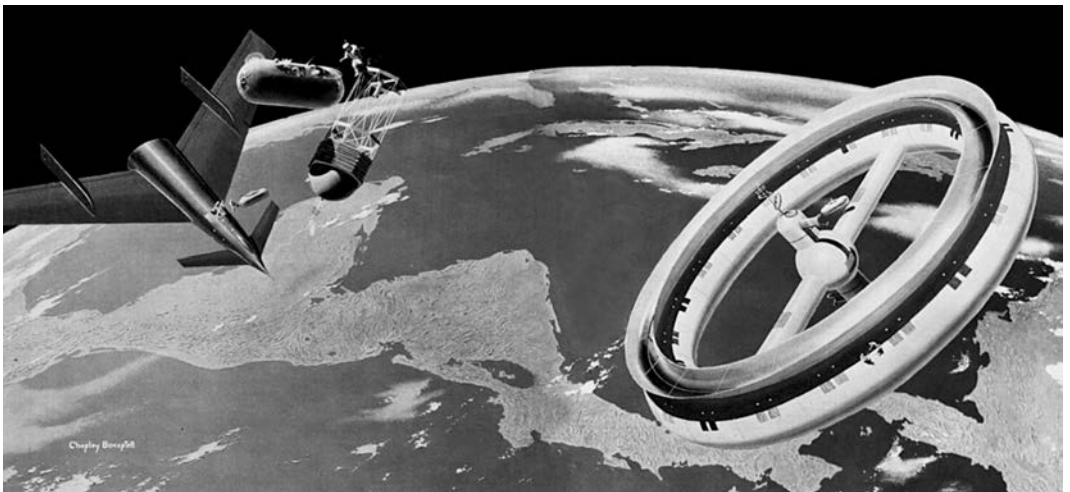
В марте 1952 г. в журнале “Collier’s Weekly” вышла статья фон Брауна “Пересекая последнюю границу” с рисунками Чесли Бонестелла, дополненная небольшой заметкой Вилли Лея “Станция в космосе”. В этих публикациях

был представлен новый проект орбитальной станции фон Брауна, напоминающей тор диаметром 75 м, вращающийся вокруг центральной “втулки”. Экипаж мог достигать 200–300 человек! Конструкция тора монтировалась на орбите из отдельных сегментов, выполненных из искусственных материалов. Внутренним давлением обеспечивалась ее прочность при достаточной тонкости стенок. Выведение сегментов на орбиту высотой 1730 км обеспечивала спроектированная параллельно со станцией трехступенчатая ракета-носитель. Для снабжения станции энергией рекомендовалось воспользоваться атомным реактором, а не громоздкой гелиоустановкой. Еще одно новшество по сравнению с проектами других авторов – хранение воды в баках под полом всех жилых отсеков, которую использовали бы для бытовых нужд и получали путем регенерации отходов. В случае смещения центра тяжести вследствие перемещения людей по отсекам насосы автоматически перекачали бы воду из одних баков в другие, восстановив нарушенное равновесие. В. фон Браун вполне допускал увеличение диаметра станции до 300 м.

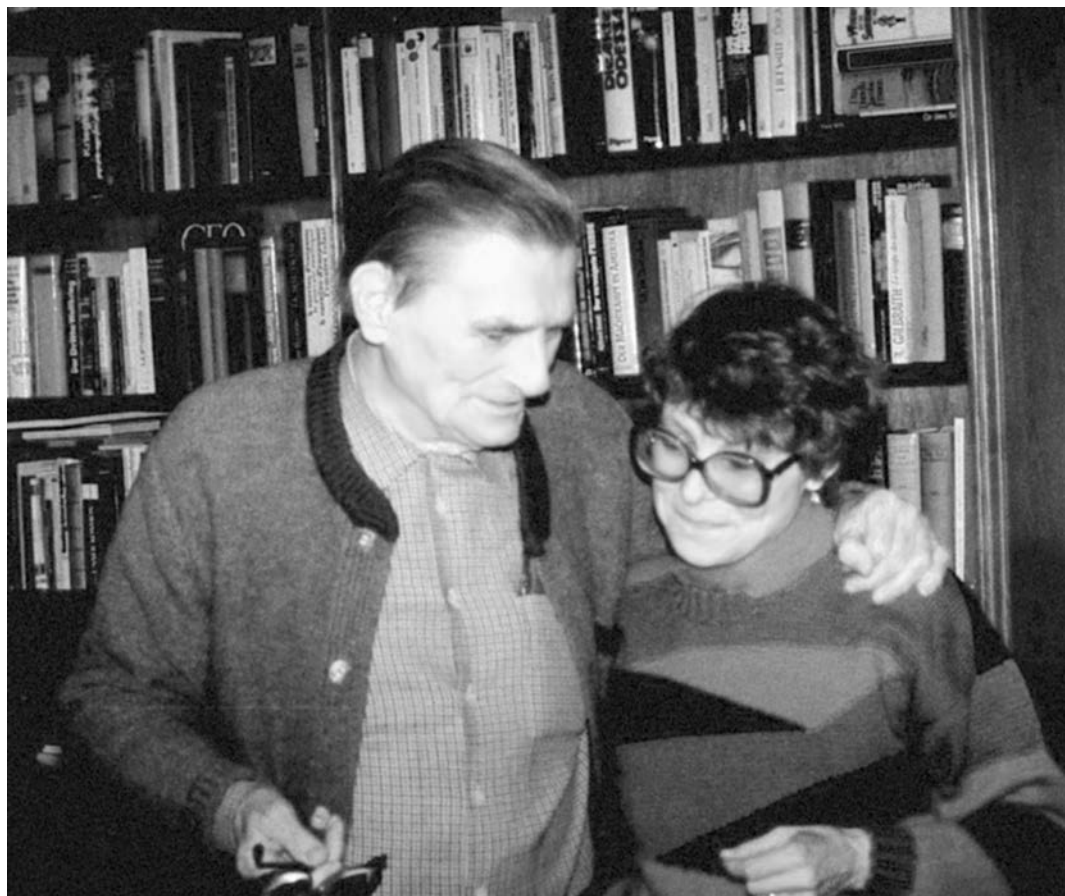
Специалисты обсуждали проект фон Брауна, но главным предметом дискуссии стала не космическая станция, а ракета-носитель, предусмотренная для ее выведения. По мысли фон Брауна, она должна была содержать три ступени общей стартовой массой до 7000 т! Крылатая третья ступень могла вернуться на Землю. Первая и вторая ступени (сухая масса – 1500 т и 200 т, длина – 36 м и 20 м соответственно), снабженные парашютами, должны были “мягко” садиться на воду и многократно использоваться. В. Лей свидетельствовал о высказывавшихся в этой связи сомнениях “в успехе спасательных работ”, их стоимость представлялась “дороже самой ракеты”. Неудивительно, что оппоненты фон Брауна попытались эффективнее решить вопрос об утилизации ступеней



Орбитальная станция В. фон Брауна. Проект 1951 г.



Орбитальная станция В. фон Брауна. Проект 1952 г. Рисунок Ч. Бонестелла к статье "Пересекая последнюю границу".



Рольф Энгель и Татьяна Желнина. Мюнхен, март 1991 г.

ракеты-носителя, предназначенной для выведения космической станции.

Особый интерес в 1952 г. вызвала статья “Космическая станция” трех немецких инженеров – Рольфа Энгеля, Уве Т. Бёдевадта и Курта Ханиша, работавших во Французском национальном Центре аэрокосмических исследований. Своей главной задачей они считали не разработку внешнего вида и внутреннего устройства станции, а изучение физических и технических условий ее функционирования, в частности границ видимости земной поверхности, особенности смены дня и ночи на орбите; реальную оценку расходов на создание станции; изучение вопро-

са о снабжении ее всем необходимым для длительного пребывания в космосе экипажа. Авторы статьи первыми убедительно показали, что проблемы, связанные с поддержанием работоспособности станции, окажутся куда более важными и дорогостоящими, чем ее создание. Свой вариант станции общей массой 510 т (масса станции – 180 т, масса оборудования – 330 т) они разрабатывали в комплексе с шестиступенчатой ракетой-носителем для ее выведения на околоземную орбиту.

В сентябре 1952 г. Герман Оберт вернулся к теме космической станции в докладе на третьем Международном астронавтическом конгрессе в Штут-

гарте (ФРГ). Он много рассуждал об оптимальных орбитах, на которых следовало бы размещать станции. Г. Оберт различал станции по назначению:

- для научных исследований – обсерватории, лаборатории для атомных и бактериологических исследований и изучения гравитации (их он разместил бы в точках либрации);

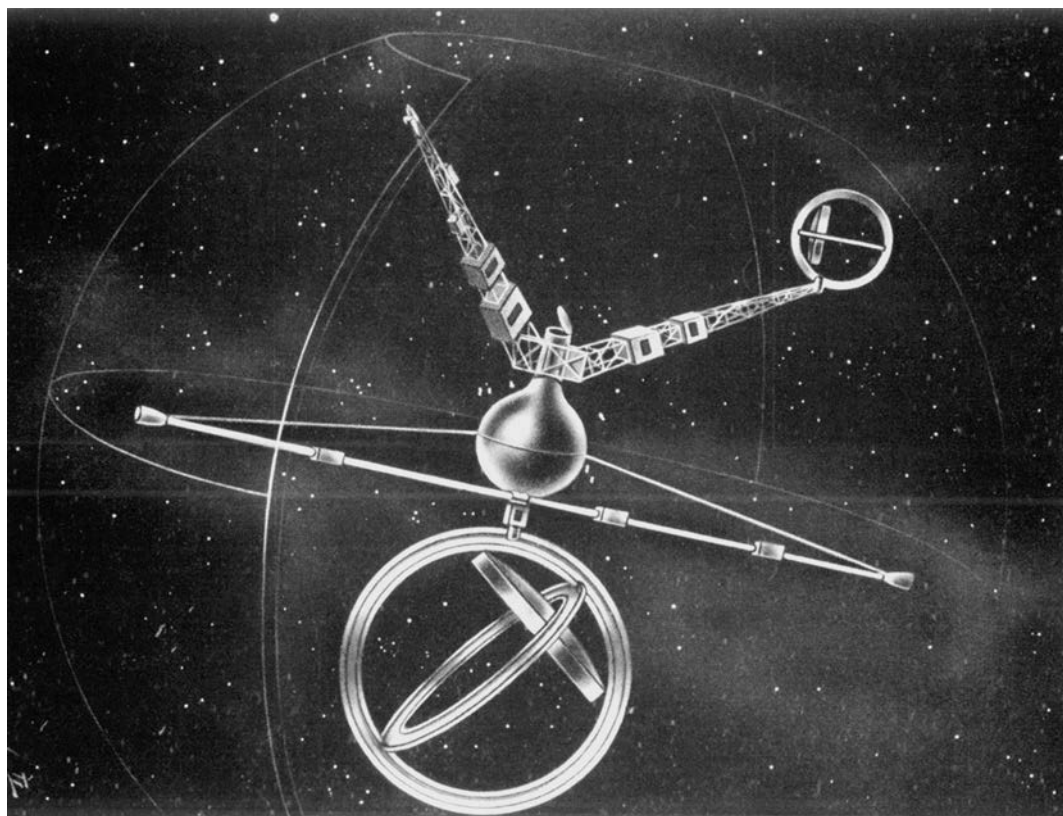
- наблюдательные (на геостационарной орбите);

- военные (на высоте 700 км, тогда они будут охранять друг друга, в то время как одну станцию можно легко уничтожить);

- станции-порты для полетов кораблей с электрическими ракетными двигателями к другим небесным телам (их проще всего создать на круговой орбите высотой 300–400 км с запада на

восток над экватором и в плоскости эклиптики).

Оберт не стал долго раздумывать над формой и подробным устройством орбитальной станции. Уже в 1952 г. он опубликовал описание ее основных элементов в статье “Станции в космосе”, а два года спустя сделал несколько уточнений в своей третьей книге по космонавтике – “Люди в космосе”. Это описание (Оберт не скрывал, что в него вошли частично предложения О.В. Гайла, Х.Е. Росса и Р.А. Смита) относилось к универсальной конструкции станций всех типов, включающей два обитаемых блока, размещенных по концам соединяющей их “шахты”, многочисленные блоки-хранилища и телескопы. Исключением может быть космический порт, оборудованный



“Космический порт” Г. Оберта. Рисунок из книги “Люди в космосе”. 1954 г.

монтажным цехом для сборки межпланетных кораблей и заводом по производству рабочего тела для кораблей с электрическими ракетными двигателями из отходов жизнедеятельности космонавтов (позднее – из вещества астероидов). Еще одна характерная черта космического порта – гигантские размеры, размах отдельных элементов его конструкции – до 16 км.

Размышления Г. Оберта об устройстве и назначении космических станций в 1952–1954 гг. – важная страница в их послевоенной истории. Но в книге “Люди в космосе” особенно выделялась глава “Поселения в космосе”, в которой Оберт впервые после К.Э. Циолковского поднял вопрос о массовом расселении человечества в космосе. Отметив, что искусственные поселения обладают преимуществами, которые не имеют ни планеты, ни Луна, Оберт описал их устройство, во многом превосхитив проекты человеческих колоний в космосе, разработанные с 1969 г. физиком, профессором Принстонского университета Жераром О’Нейлом. Поселения в форме тора диаметром 6–8 км Оберт предлагал размещать вокруг Солнца на расстоянии вдвое большем, чем находится Земля. Тор совершает один оборот вокруг своей оси за 110–126 с, создавая искусственную тяжесть, равную земной. Поселение делает один оборот вокруг Солнца за три года. Тор состоит из двух половин, соединенных фермой Росса – Смита, к которой причаливают космические корабли. Тор разделен на 50 этажей, высота каждого – 30–100 м, ширина – 100 м. Передняя половина тора выложена стеклом с вкрапленными светорассеивающими субстанциями. Они уменьшают действие прямых солнечных лучей, что придает сходство с земной атмосферой. Задняя половина тора металлическая, покрыта зеркальным слоем. На солнечной стороне размещены шлюзы для выхода в космическое пространство и жилые помещения, окруженные полями, садами, лугами и

лесами. Так что жители космического поселения могут гулять в настоящих парках, выращивать сельскохозяйственные продукты и разводить скот. На теневой стороне поселения расположены холодильные камеры – склады продовольствия, а также площадки для зимних видов спорта. Строительным материалом для околосолнечных поселений служат легкие металлы, сырьем для их производства – астероиды. Другая разновидность гигантских космических поселений, описанных Г. Обертом в 1954 г., не имела аналогов в литературе. Он первым представил космическое поселение, независимое от внешних источников энергии, в том числе от Солнца. Преимущество такого поселения он видел в том, что оно не привязано к конкретному месту в пространстве и поэтому на нем можно отправиться в межзвездные путешествия и когда-нибудь достичь других звезд. Межзвездное поселение Оберта – цилиндр диаметром 8 км и длиной 10–100 км (допускалась длина даже 1000 км). На концах цилиндра укреплены сферы, чтобы лучше поддерживать давление воздуха земной величины. Цилиндр вращается, совершая один оборот вокруг оси за 172–200 с, чем ближе к внутренней стене цилиндра, тем больше тяжесть. Энергия производится тепловыми и атомными электростанциями. Свет, подобный солнечному, поступает от гигантских ламп, позволяющих создавать иллюзию голубого неба. Внутри поселения созданы приятный климат, смена дня и ночи, земной ландшафт – горы, леса, озера, реки. По мнению Оберта, можно все так устроить, что жители даже не будут замечать, что живут не на планете, а в искусственном сооружении. Работы хватает на всех, жизнь не кажется скучной, однообразной. Нет природных катаклизмов, но не исключены техногенные катастрофы с возможными последствиями. Зато могут быть уничтожены болезни и построено общество высочайшей культуры, ведь в

космос будут посылать самых здоровых и прекрасных во всех отношениях людей (рассуждения Г. Оберта о высокой нравственности обитателей космических поселений поразительно схожи с мыслями К.Э. Циолковского).

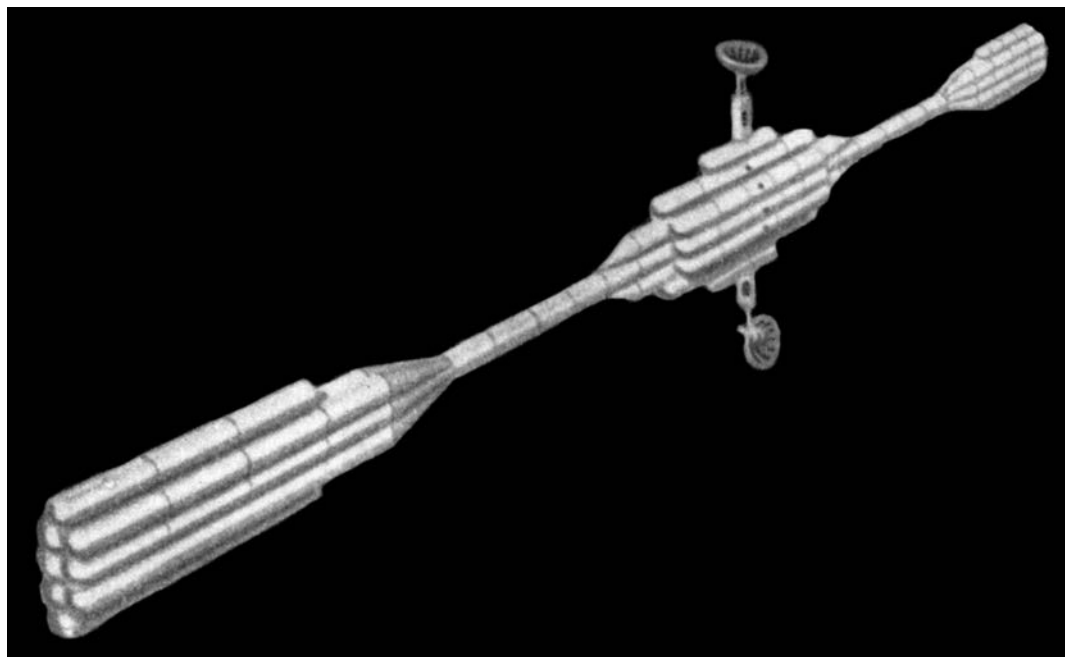
Проекты околосолнечных и межзвездных поселений Оберта не заинтересовали его современников, что вполне объяснимо: в середине 1950-х гг. все внимание было сосредоточено на поиске скорейших решений задачи освоения космоса. Одним из исследователей, внесших существенный вклад в разработку таких решений, стал бывший сотрудник Центра по созданию боевых ракет армии Германии (Пенемюнде) Крафт Эрике, с 1947 г. главный инженер фирмы “Конвэр Эстрэнотикс/Дженерал Дайнэмикс Корпорейшн”, где создавалась первая американская баллистическая ракета дальнего действия “Атлас”. В 1952 г. К. Эрике выступил с докладом “Создание больших спутников посредством малых [спутников]” на третьем Международном астронавтическом конгрессе в Штутгарте. По его мнению, пока не созданы ракеты, способные поднять большой груз, необходимый для строительства орбитальной станции, выводить элементы ее конструкции на промежуточную круговую орбиту высотой около 225 км можно несколькими малыми ракетами. Они могли быть построены при достижении в то время уровне ракетной техники. С промежуточной орбиты фрагменты станции переводятся на основную (монтажную) орбиту высотой 1000 км “космическим трактором”. По расчетам Эрике, для реализации этого замысла потребовалась бы ракета значительно меньшего веса, чем в проекте В. фон Брауна. Это трехступенчатая ракета-автомат высотой 38,5 м и диаметром 5,9 м, способная запустить груз массой до 5 т. Два года спустя в докладе “Анализ орбитальных систем”, прочитанном на пятом Международном астронавтическом конгрессе в Инсбруке (Австрия), К. Эрике представил схемы



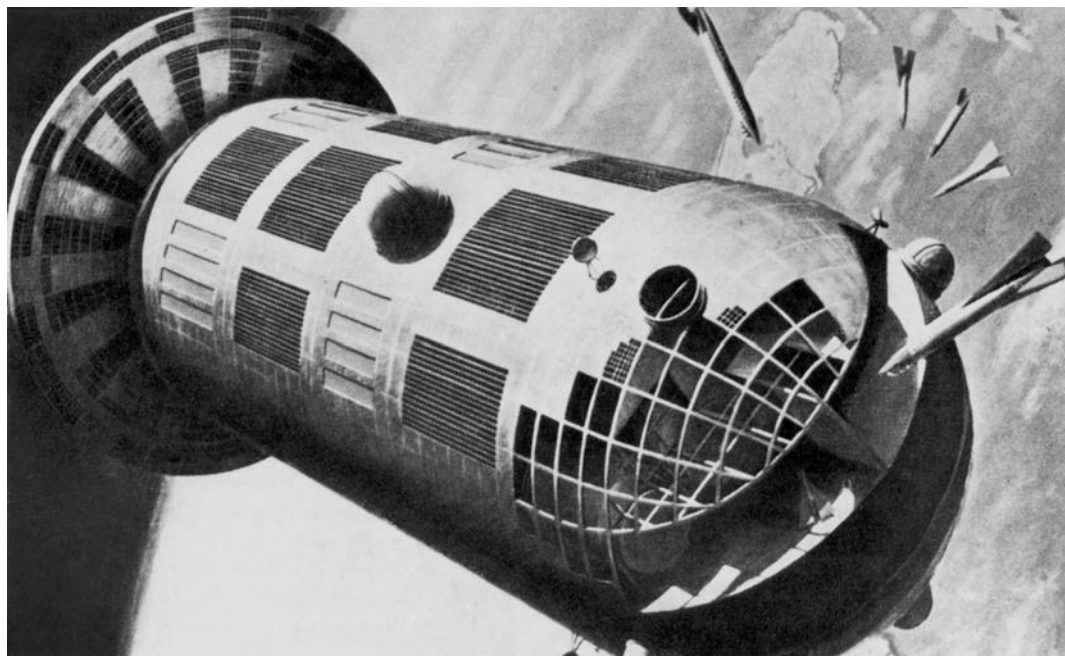
Крафт Эрике. 1955 г.

этой ракеты-носителя и станции. Станция монтируется из центрального отсека ракеты-носителя, к нему стыкуются жилой и рабочий модули. К. Эрике высказал интересную мысль о том, что совсем не обязательно возвращать последнюю ступень транспортной ракеты на Землю. Ее можно собрать из легких, но прочных деталей в виде контейнера для груза, который оставался бы на орбите и использовался для строительства или обслуживания станции.

Дальнейшее развитие это предложение получило в проекте станции, опубликованном в 1955 г. Даррелом Ромиком из отдела Аэрофизики американской фирмы “Гудиэр Эркафт Корпорейшен”. Его станция представляла собой цилиндр длиной 900 м и диаметром 300 м с полусферой на торце, крепившийся к вращающемуся диску диаметром 460 м и толщиной 12 м. Центральная часть станции образована из третьих ступеней ракет-носителей, выведивших ее элементы на орби-



Орбитальная станция К. Эрике. 1954 г.



Орбитальная станция Д. Ромика. 1955 г.

ту. Первые и вторые ступени ракет по “плану Ромика” должны быть снабжены крыльями и управляться пилотами, что обеспечивало их безопасные спуск и посадку, а затем повторное применение. Предполагалось, что строительство будет разбито на три стадии. На первой стадии цилиндрическая часть образуется из соединенных торцом к торцу корпусов транспортных ракет. Баки освобождаются от топлива, очищаются и вместе с кабинами преобразуются в жилые помещения (как у А.А. Штернфельда). Корпуса в форме труб длиной 150 м и диаметром около 3 м разбиты на отсеки для жизни и работы экипажей. На случай аварии вблизи станции должны находиться корабль-спасатели, готовые к полету на Землю. Затем строители приступят к расширению станции. Для этого применяются детали, доставленные с Земли ракетами, и конструкции самих ракет. Диаметр трубы расширится до 23 м, длина ее увеличится до 300 м и начнется монтаж вращающегося диска (его диаметр сначала составит 150 м), внутри которого будет создана искусственная тяжесть. Вращение достигается с помощью установленных по окружности ракетных двигателей. Жилые помещения расположатся у “обода”, где искусственная гравитация близка к земной. Там разместятся не только квартиры, но и магазины, спортплощадки, театральные сцены и кинозалы, многое другое. На последней стадии строительства станция будет еще более расширена. Диаметр вращающегося диска дойдет до 450 м (!), цилиндрической части – до 300 м, а длина ее – до 900 м!

Чтобы обеспечить строительство материалами, понадобится 3,5 года, если каждый день на орбиту будут прибывать две ракеты. В цилиндрической части разместятся научно-исследовательские лаборатории, обсерватории, заводы по сборке, ремонту, испытаниям космических кораблей, установки для их приема, обслуживания и запуска, запасы топлива. Для регулирования нагрева и освещения станции солнечными лучами используются жалюзи. Солнечная энергия используется для получения электричества, обогрева, а возможно, и для организации кругооборота веществ: на станции будут находиться растения и животные. На случай попадания крупного метеорита вся станция разбита на отсеки, сообщающиеся между собой только при условии равенства давлений по обе стороны каждого люка, и предусматривается система сигнализации. Во всех помещениях находятся защитные костюмы и запасы кислорода. Жить и работать на станции смогли бы 20 тыс. человек.

Предложенный читателям исторический обзор проектов орбитальных станций, выдвинутых в течение почти столетия, предшествовавшего началу эры освоения космоса, свидетельствует не только об их многочисленности и разнообразии. Главный вывод, который следует из этого обзора, может быть сформулирован так: нам удалось победить земное тяготение, основываясь на околоземных орбитах и начать изучение других небесных тел только потому, что мы стоим “на плечах гигантов”.

Юбилей АстрО

Н.Г. БОЧКАРЁВ,
доктор физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Н.Н. САМУСЬ,
доктор физико-математических наук
ИНАСАН и ГАИШ МГУ

Кратко описаны история создания и основные виды деятельности

ИДЕЯ СОЗДАНИЯ
ОБЩЕСТВА

Люди творческих профессий, к числу которых, по нашему мнению, принадлежит и профессия астронома, часто объединяются в профессиональные общества. В России первые профессиональные объединения астрономов были созданы на рубеже XIX и XX вв. Их возникло сразу несколько, и, по сегодняшним меркам, они были не слишком-то демократичны. Так, одно из них допускало в число своих членов только астрономов-профессоров.

После 1917 г. общества еще некоторое время существовали, но потом постепенно закрылись. В 1930-е гг. возникло Все-

Международной общественной организации “Астрономическое об-

союзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО), объединившее профессиональных астрономов, геодезистов и армию любителей астрономии (Земля и Вселенная, 1965, № 2; 1968, № 3; 1971, № 2; 1991, № 5). Такое общество трудно было назвать профессиональным объединением: среди его членов астрономы составляли около одного процента. ВАГО много сделало для популяризации астрономических знаний в СССР. В сегодняшней России оно, к сожалению, прекратило существование как организация в масштабах всей страны. Продолжают деятельность некоторые его бывшие региональные организации. Так, Московское

щество” (АстрО), отметившей в 2015 г. свое 25-летие.

отделение ВАГО ведет большую работу, преимущественно в области любительского телескопостроения.

Известный астроном, ныне главный научный сотрудник ГАИШ МГУ, доктор физико-математических наук, профессор Ю.Н. Ефремов, пожалуй, был первым, кто поставил вопрос о необходимости воссоздания в СССР профессиональной организации астрономов. Это случилось в 1974 г. на пленуме Астрономического совета Академии наук СССР, проходившем в Баку. Условий для успешной реализации этой идеи тогда не было. Они появились лет на 15 позже, на волне происходивших в стране масштабных политических



Учредительный съезд АстрО. МГУ, апрель 1990 г.

перемен. С середины 1988 г. идея создания общества профессиональных астрономов стала широко и всерьез обсуждаться видными астрономами при многочисленных встречах.

13 апреля 1989 г. Объединенный научный совет по астрономии АН СССР (председатель – академик В.В. Соболев) обратился в Отделение общей физики и астрономии (ООФА) АН СССР с просьбой ходатайствовать о создании астрономического общества перед Президиумом АН СССР. Был образован оргкомитет под председательством академика В.А. Амбарцумяна, в который вошли руководители ведущих астрономических учреждений и некоторые представи-

тели общественности. Вскоре ООФА приняло положительное решение, и комиссия под руководством В.В. Соболева начала работу над проектом устава общества. Попытка создания астрономического общества “сверху” к результату, однако, не привела.

УЧРЕДИТЕЛЬНЫЙ СЪЕЗД АСТРОНОМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Астрономическое общество СССР было успешно создано благодаря усилиям “снизу”. 20 ноября 1989 г. состоялось обсуждение вопроса создания АстрО сотрудниками 16 астрономических учреждений СССР. Они образовали инициативную группу по созданию АстрО. Ее сопредседателями стали Н.Г. Бочка-

рёв, В.В. Бурдюжа и В.В. Иванов. В конце того же года инициативная группа провела по почте опрос астрономов страны об отношении к идее создания общества, объединяющего их. Были получены около пятисот положительных откликов, причем большинство ответивших предпочли идею независимого объединения, не состоящего при АН СССР, ни при каком-либо ином официальном ведомстве. В результате многих обсуждений Е.А. Карицкой был подготовлен проект Устава Общества, который после жарких дискуссий инициативная группа вынесла на Учредительный съезд.

6–8 апреля 1990 г. на базе МГУ им. М.В. Ломоносова удалось про-



Выступления на Учредительном съезде АстрО первого проректора МГУ В.А. Садовниче-го и директора ГАИШ МГУ А.М. Черепашука. МГУ, апрель 1990 г.

вести Учредительный съезд Астрономического общества СССР. Это оказалось возможным благодаря помощи руководства МГУ, прежде всего тогдашнего первого проректора МГУ В.А. Садовничего и директора ГАИШ А.М. Черепашука. Университет не только бесплатно предоставил помещение и оказал организационную помощь, но и выделил на проведение съезда 30 тыс. рублей – весьма значительную сумму в те годы. На съезд прибыло 275 участников из всех советских республик кроме Белоруссии и Киргизии.

Первое заседание съезда открыл А.М. Черепашук. От имени МГУ с приветственным словом выступил В.А. Садовничей. Были заслушаны также приветствия от многих обществен-

ных организаций, в том числе от совета Королевского астрономического общества Великобритании.

Наиболее острые дискуссии вызвал Устав Общества. Прения продолжались несколько часов в течение двух дней, причем в конце первого дня редакционная комиссия разбирала поступившие поправки до половины первого ночи. Для принятия Устава потребовалось 27 голосований. Наконец, 7 апреля Устав был принят и съезд почти единогласно (при одном воздержавшемся) проголосовал за создание Астрономического общества СССР. Поэтому 7 апреля 1990 г. мы считаем датой рождения нашего Общества. Всех участников съезда объявили членами-учредителями. Съезд избрал трех сопредседателей Общества –

Н.Г. Бочкарёва, В.Г. Горбачко и А.А. Сапара. По Уставу, руководящим органом Общества является съезд, созываемый не реже одного раза в три года. Между съездами Обществом руководит Правление, возглавляемое сопредседателями.

За четверть века существования Астрономического общества, которое впоследствии стало международным, на посту сопредседателя побывало восемь человек. Сейчас сопредседатели Общества – В.Н. Обридко (ИЗМИРАН), М.И. Рябов (радиоастрономическая обсерватория УРАН-4, Украина) и Н.Н. Самусь (ИНАСАН и ГАИШ МГУ).

Учредительный съезд создал десять комиссий по различным направлениям его деятельности. Одна из них, комиссия по астрономическому

образованию (председатель – профессор А.В. Засов), активно работает и сегодня. Большую роль в становлении Общества в свое время сыграла редакционная комиссия (Н.Н. Самусь, И.К. Шмелд, Е.А. Карицкая). По Уставу, Астрономическое общество состоит из индивидуальных членов, ими могут быть астрономы, публикующиеся в профессиональных журналах. Впрочем, исключения из этого требования возможны по решению съезда.

В 1990 г. была заложена традиция насыщенной научной программы съездов Общества: на Учредительном съезде с докладами о научных космических проектах СССР выступили академики А.А. Боярчук, Н.С. Кардашёв, Р.А. Сюняев, А.М. Черепашук.



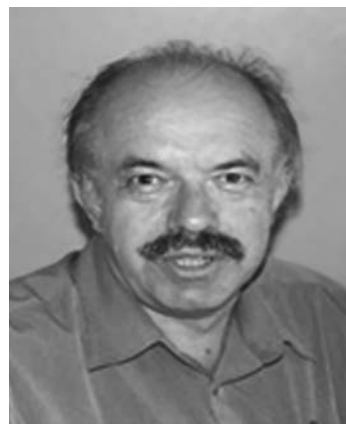
*Сопредседатель АстрО
Н.Г. Бочкарёв. 1990 г.*

СЪЕЗДЫ АСТРО,
КОНФЕРЕНЦИИ, ШКОЛЫ,
СЕМИНАРЫ

Когда в конце октября 1991 г. собрался второй съезд Общества, до распада СССР оставалось полтора месяца (Земля и Вселенная, 1992, № 3). В сложной обстановке было принято решение

преобразовать объединение в международную общественную организацию. Именно в этом качестве Общество существует и сегодня, оно зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации. Международный статус Общества обеспечивается его отделениями, официально зарегистрированными в соответствии с законодательством Латвии, Украины, Сербии. Наше официальное название на русском языке – Международная общественная организация “Астрономическое общество” (АстрО); на втором рабочем языке – английском, АстрО именуется Евроазиатским астрономическим обществом (Eurasian Astronomical Society, EAAS).

За 25 лет проведено 12 съездов АстрО (Земля и Вселенная, 2009,



Современные сопредседатели Общества – В.Н. Обридко (ИЗМИРАН), М.И. Рябов (радиоастрономическая обсерватория УРАН-4, Украина) и Н.Н. Самусь (ИНАСАН и ГАИШ МГУ).



II съезд АстрО. Секретарь Т.Г. Батунова регистрирует членов Общества А.М. Черепашука, П.Е. Захарову и В.П. Горанского. Москва, Дворец научно-технического творчества молодежи. Октябрь 1991 г.

№ 2). 25–30 мая 2015 г. прошел очередной, 12-й отчетно-перевыборный съезд АстрО, к которому по традиции была приурочена масштабная научная конференция “Астрономия от ближнего космоса до космологических далей”. В рамках конференции состоялись четыре пленарных заседания, на которых были заслушаны 16 докладов известных ученых о наиболее актуальных исследованиях последнего времени, перспективных проектах. Помимо пленарных заседаний, работали шесть секций, тема-

тика которых достаточно полно охватывала все направления современной астрономии и астрофизики.

Проведение научных конференций остается одним из основных направлений деятельности АстрО. В марте 1991 г. Общество организовало в Нижнем Новгороде (тогда Горький) свою первую крупную научную конференцию “Астрофизика сегодня”, приуроченную к 70-летию С.А. Каплана и С.Б. Пикельнера. Сейчас АстрО ежегодно проводит 5–10 научных конференций.

АстрО было главным организатором европейского съезда астрономов – JENAM-2000, прошедшего в мае – июне 2000 г. в МГУ (Земля и Вселенная, 2001, № 4), когда отмечалось 10-летие АстрО и Европейского астрономического общества (ЕАО). В нашей стране JENAM проводился с тех пор еще только один раз – в Санкт-Петербурге в 2011 г. Мы вновь были в числе организаторов европейского съезда, помогая коллегам из питерских астрономических учреждений. АстрО помогает и в про-

ведении проходящих раз в три года масштабных Всероссийских астрономических конференций, главный организатор которых – Научный совет по астрономии РАН, возглавляемый академиком Н.С. Кардашёвым.

Наши связи с Европейским астрономическим обществом достаточно широки. Руководители АстрО неоднократно участвовали во встречах руководства ЕАО с представителями аффилированных (присоединенных) национальных обществ. Член Правления АстрО доктор физико-математических наук О.К. Сильченко сейчас занимает пост советника ЕАО по Восточной Европе.

С 1970 г. ежегодно зимой проводится Коуровская студенческая школа-конференция “Физика космоса”, организуемая Уральским федеральным университетом при участии АстрО. В 2015 г. во время такой школы в Коуровке было проведено очередное заседание Правления АстрО; по Уставу Правление собирается не реже двух раз в год. В течение ряда лет Правление заседало только в Москве, что объяснялось соображениями экономии. Теперь мы вернулись к практике выездных заседаний Правления. На 2016 г. намечено провести заседание Правления АстрО в Белграде.

Замечательное детище Одесского отделения АстрО – Гамовские школы-конференции по астрофизике, космологии, радиоастрономии и астробиологии (Земля и Вселенная, 2008, № 1). Они проходят в Одессе каждое лето, школа-конференция в августе 2015 г. – пятнадцатая по счету.

С 2011 г. действует организованный В.Н. Обридко и Н.Г. Бочкарёвым междисциплинарный семинар Астрономического общества. В помещении ГАИШ МГУ состоялось около 30 заседаний, посвященных важным научным проблемам, преимущественно находящимся на стыке наук.

ПРОГРАММЫ И ГРАНТЫ

В первые годы своего существования, совпавшие с очень непростым периодом для науки в странах бывшего СССР, АстрО активно участвовало в сохранении и развитии астрономии. Удавалось получить средства от Министерства науки РФ для проведения программы с откровенным названием – “Выживание астрономии в России в 1992 году”. Гранты АстрО по этой программе получили 37 астрономических коллективов России. Впоследствии программа переросла в Федеральную целевую научно-техническую программу “Астрономия”,

реализованную в течение восьми лет, когда астрономия находилась в перечне приоритетных направлений развития науки в Российской Федерации.

В значительной мере благодаря активности АстрО в России, Украине, других странах СНГ министерства науки в течение ряда лет выделяли средства на программы поддержания уникальных научных установок на обсерваториях и в других астрономических учреждениях. Министерство науки РФ содействовало созданию малых научных приборов. Пока астрономическая фотография продолжала оставаться важным методом астрономических исследований, удавалось организовывать производство в Переславле-Залесском астрономических фотопластинок и их бесплатное распространение по обсерваториям.

В 1996 г. на средства Миннауки удалось приобрести компьютеры-ноутбуки для Абастуманской (Грузия) и Бюраканской (Армения) астрофизических обсерваторий, где в то время было крайне неустойчивое электроснабжение. Н.Г. Бочкарёв лично доставил в обсерватории ноутбуки, а также большое количество научной литературы. Узнав о такой помощи, экс-директор Бюраканской обсерватории академик В.А. Амбарцумян

за четыре месяца до кончины написал заявление о вступлении в АстрО. Недавно оригинал этого заявления был передан в музей-квартиру В.А. Амбарцумяна в Бюракане.

ЗАЩИТА ИНТЕРЕСОВ ОБСЕРВАТОРИЙ

Важное направление деятельности АстрО – защита интересов обсерваторий. Астрономические обсерватории занимают большие земельные участки, старые – в черте больших городов, новые – в местах с хорошим астроклиматом, что часто совпадает с привлекательными природными условиями. За четверть века нам довелось отстаивать от притязаний коммерческих структур, защищать в непросто складывающихся отношениях с местными властями обсерваторию Киевского университета, Крымскую астрофизическую обсерваторию и Крымскую станцию ГАИШ МГУ, Научно-исследовательский радиофизический институт в Нижнем Новгороде и ряд других организаций. Во многих случаях наши усилия приносили плоды. В 1994 г. АстрО обращалось во многие инстанции с целью не допустить разрушения принадлежащих российской армии радиотелескопов в Вентспилсе при выводе российских войск из Латвии. Обращения увенча-

лись успехом, и их конечным результатом стало создание в 1995 г. Вентспилского международного радиоастрономического центра.

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ АСТРОНОМИИ

АстрО придает большое значение работе по распространению астрономических знаний, улучшению ситуации с преподаванием астрономии. Как известно, астрономия сейчас не входит в перечень предметов обязательной школьной программы России и большинства стран бывшего СССР (Земля и Вселенная, 2000, № 1; 2010, № 1; 2012, № 5). Результаты плохо продуманной реформы уже сказываются: опросы социологов показывают, что все больше людей в России даже не знают, что Земля обращается вокруг Солнца (Земля и Вселенная, 2009, № 5). Наше Общество не оставляет попыток изменить ситуацию. Мы организуем все новые обращения в инстанции и надеемся, что в школу вернется преподавание астрономии, столь нужной, например, для развития космонавтики. АстрО участвовало в отстаивании сохранения специальности “Астрономия” в вузах. Эта борьба увенчалась успехом.



*Председатель комиссии
АстрО по астрономическому
образованию А.В. Засов.
Середина 2000-х гг.*

С 2006 г. под руководством профессора А.В. Засова работают курсы повышения квалификации школьных учителей и лекторов планетариев. Курсы организованы АстрО совместно с ГАИШ МГУ в помощь тем, кто продолжает преподавать астрономию в средней школе, и популяризаторам науки. В июне 2015 г. на базе ПРАО РАН при участии АстрО проведена летняя школа юных астрофизиков, собравшая свыше 30 талантливых школьников.

Астрономические знания в массы несут планетарии, если они не ставят прибыль во главу угла, а ведут просветительскую деятельность. С 1994 г. весьма активно действует Ассоциация планета-



Актив журнала "Astronomical and Astrophysical Transactions". В центре – главный редактор Н.Г. Бочкарёв и заместитель главного редактора В.П. Архилова. 1999–2000 гг.

риев России (АПР; Земля и Вселенная, 2011, № 1), аффилированная с АстрО. Председатель Правления АПР – З.П. Ситкова (Нижний Новгород), президент – А.М. Черепашук, почетный президент – дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт Г.М. Гречко. Активисты АстрО Н.Г. Бочкарёв, А.В. Засов, Н.Н. Самусь избраны почетными членами АПР. АстрО активно помогает в организации ежегодных школ повышения квалификации лекторов планетариев, проводимых на базе планетария Культурного центра вооруженных сил

Российской Федерации (руководитель планетария Л.И. Панина). В АПР входят не все планетарии России; в частности, в нее не вступил возрожденный Московский планетарий, популяризаторская деятельность которого имеет особое значение. Очень важно, что при нем создан Ученый совет под руководством ректора МГУ академика В.А. Садовниченко (Земля и Вселенная, 2008, № 5). Директор ГАИШ МГУ, член Правления АстрО академик А.М. Черепашук – заместитель председателя Ученого совета. В совете АстрО также представлено

Н.Г. Бочкарёвым, А.В. Засовым, Н.Н. Самусем.

Активисты АстрО оказывали помощь лекциями и консультациями в работе планетариев в Казани и Кашире, школьного планетария в Подольске. В создании в Иркутске первого в России планетария, построенного и оборудованного исключительно на частные средства, большое участие принял заместитель сопредседателя АстрО доктор физико-математических наук С.А. Язев. Ведется работа по возрождению планетария в Одессе.

Под эгидой АстрО проводятся российские и международные олимпиады по астрономии для школьников (М.Г. Гаврилов), юношеские школы по астрономии в крупных обсерваториях России и Украины. В Москве и Казани проходили регулярные занятия астрономических школ.

Продолжает проводиться официальная олимпиада по астрономии и физике космоса, организуемая по линии Минобрнауки РФ, несмотря на то, что астрономия перестала быть школьным предметом (Земля и Вселенная, 2014, № 2; 2015, № 3). Хотя к организации этой олимпиады АстрО сейчас прямого отношения не имеет, нам кажется, что в ее сохранении есть и наша заслуга, поскольку мы прилагали усилия к сохранению астрономии в школьной программе.



Бессменный руководитель клуба АстрО и его душа – Е.А. Карицкая.

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Сразу после создания АстрО началась работа по информационно-издательской деятельности. Для информирования общественности и членов Общества о работе АстрО был создан Бюллетень Астрономического общества. Всего вышло шесть номеров Бюллетеня. С 1996 г. его роль стал выполнять электронный бюллетень “Астрокурьер”, главный редактор – сопредседатель АстрО М.И. Рябов. С 1991 г. издается профессиональный рецен-

зируемый научный журнал АстрО на английском языке – “Astronomical and Astrophysical Transactions” (бессменный главный редактор – Н.Г. Бочкарёв), ныне выходящий в издательстве “Cambridge Scientific Publishers”. С 2012 г. другой научный журнал, “Астрономический циркуляр”, возобновлен в качестве электронного издания (главный редактор – Г.М. Рудницкий), причем АстрО входит в состав его соучредителей.

Важнейший информационный ресурс АстрО – его Интернет-сайт (ад-

министратор – О.В. Дурлевич; <http://www.sai.msu.su/EAAS/>). Хотелось бы обратить внимание на страницу этого сайта, предназначенную для публикации воспоминаний астрономов и об астрономах. Сейчас на этой странице 12 интересных материалов.

Одесское отделение АстрО издает “Одесский астрономический календарь” на русском языке, прекрасный источник информации о текущих астрономических явлениях для любителей астрономии, охотно используемый и профессионалами.



Концерт любительского камерного оркестра “Кантилена” под руководством Мирры Махлис в конференц-зале ГАИШ МГУ. Е.А. Карицкая вручает цветы исполнителям. Середина 1990-х гг.

КЛУБ АСТРО

С декабря 1992 г. при Обществе существует Клуб АстрО, которым бес­сменно руководит член Правления АстрО кандидат физико-математиче­ских наук Е.А. Карицкая. В конференц-зале ГАИШ МГУ клуб организует в среднем дважды в месяц концерты, в основном классической музыки. Эта площадка привлекает многих талантли­вых исполнителей, опытных и молодых. Вход на все мероприятия клуба АстрО бесплатный, от­крыт для всех желаю­

щих, а не только для чле­нов АстрО и астрономов. Клуб АстрО сотрудничает с Московским обще­ством любителей музыки В.А. Моцарта, с другими музыкальными общест­вами и клубами.

Обширную концертную деятельность организует и Одесское отделение АстрО на базе историче­ского здания Одесского клуба ученых, бывшего графского особняка.

СМОТРИМ В БУДУЩЕЕ

Состоявшийся в мае 2015 г. 12-й съезд АстрО избрал новый состав ру­

ководящих органов Об­щества (Правления и Ревизионной комиссии) и принял ряд резолю­ций, которыми Правле­ние будет руководство­ваться при организации работы АстрО в ближай­шие годы. Чтобы обеспе­чить будущее для АстрО, необходимо активно при­влекать к его деятель­ности молодежь, си­стематически готовить смену старым руководя­щим кадрам, не бояться поднимать острые вопро­сы и прилагать максимум сил к их решению.

Информация

Черная дыра массив­нее ожидаемого

Центральная сверхмас­сивная черная дыра не­давно открытой галактики SAGE0536AGN возрастом примерно 9 млрд лет оказа­лась намного крупнее, чем ожидалось, исходя из суще­ствующих теорий эволю­ции галактик. Наблюдения проводились с помощью космической инфракрасной обсерватории “Спитцер”. Согласно исследованиям,

черная дыра в галактике SAGE0536AGN имеет мас­су $3,5 \times 10^8 M_{\odot}$, масса самой галактики составляет все­го $2,5 \times 10^{10} M_{\odot}$. Несмотря на то, что масса галактики в 70 раз больше массы чер­ной дыры, последняя в 30 раз массивнее, чем ожида­лось для такого размера га­лактики. *“Галактики име­ют широкий набор масс, как и черные дыры в их яд­рах, но они подчиняются определенным законам. Тот объект, который мы обна­ружили в SAGE0536AGN, не может быть настолько большим”*, – сказал астро­физик Кильского универси­тета доктор Якко ван Лун.

Другой эксперимент про­веден с помощью Большого

южно-африканского теле­скопа (SALT) диаметром 11 м Южноафриканской астро­номической обсерватории. Ученые наблюдали ушире­ние эмиссионной линии во­дорода в спектре галактики за счет эффекта Допплера. Эти данные были исполь­зованы для расчета массы черной дыры: чем она мас­сивнее, тем шире эмиссион­ная линия водорода. Массы центральной сверхмассив­ной черной дыры и галакти­ки SAGE0536AGN ока­зались такими же, что и полученные обсерваторией “Спитцер”.

По материалам Интер­нет-сайтов,
25 сентября 2015 г.

Астрономическая олимпиада-2015

О.С. УГОЛЬНИКОВ

кандидат физико-математических наук
Институт космических исследований РАН
Центральная предметно-методическая комиссия по астро-
номии Всероссийской олимпиады школьников

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2015 г. стала уже 22-й по счету (Земля и Вселенная, 2008, № 2; 2012, № 1; 2013, № 3). Можно с уверенностью говорить о том, что к этому рубежу своей истории олимпиада пришла на подъеме. Уровень подготовки участников в последние годы неуклонно рос. Это было очевидно как по собственным ощущениям учителей, авторов заданий и членов жюри, так и по объективным показателям, в частности – улучшению результатов выступления команды России на международных олимпиадах по астрономии.

Особенно сильны были участники возрастной параллели, соответствующей 11 классу в 2014–2015 учебном году. Их высокий уровень был от-

мечен и в два предыдущих года. Эта параллель была также усилена многократным победителем всероссийских и международных олимпиад по астрономии 10-классником Иваном Утешевым, который постоянно выступал на Олимпиаде 2015 г. за более старший класс, неизменно становясь победителем. Задолго до начала нынешней олимпиады стало понятно, что среди 11-классников пойдут очень острая борьба за высокие места и награды. Потом выяснилось, что и в 9–10 классах подготавливались участники оставались на высоте.

Все это накладывало дополнительную ответственность на составителей заданий, так как от них во многом зависела объективность результатов. Задания, разумеется, должны были

быть посильны участникам, однако если бы они оказались слишком просты, все могло зависеть от случайностей. Работа над комплектом заданий заключительного этапа началась в сентябре 2014 г. и продолжалась несколько месяцев.

Олимпиада состоялась с 6 по 11 апреля 2015 г. в Великом Новгороде. Этот прекрасный город уже принимал олимпиаду по астрономии в 2014 г., отмеченную как одну из лучших по организации (Земля и Вселенная, 2015, № 3). Столь же блестяще Оргкомитет работал и в этот раз, несмотря на все финансовые сложности, возникшие в этом сезоне.

Олимпиада проводилась в два тура – теоретический и практический. Оба тура проходили в аудиторном формате, задачи практического тура



Участники Олимпиады 2015 г. у памятника в честь 1000-летия Российского государства. Великий Новгород. Апрель, 2015 г.

были связаны с обработкой результатов наблюдений, анализом большого количества числовых данных. Как и ожидалось, борьба за дипломы победителей и призеров оказалась очень острой. Приятно удивили самые молодые участники (9 класс и моложе), показавшие весьма высокие результаты. Самый высокий уровень оказался у 11-классников, успешно и быстро решавших даже наиболее сложные задачи. Один из них, Кирилл Гришин (г. Тольятти) смог показать абсолютный результат на теоретическом туре, набрав 96 баллов из 96 возможных. В общем зачете очередную победу одержал Иван Утешев. Позже, в августе 2015 г., Иван стал первым российским школьником, взявшим золотую медаль на Международной олимпиаде по астрономии и астрофизике.

Победителями Олимпиады 2015 г. (обладатели золотых медалей) стали:

Старостин Иван Вадимович, 8 класс (выступал за 9 класс), средняя общеобразовательная школа № 179 ГАОУ высшего профессионального образования г. Москвы “Московский институт открытого образования”;

Билич Борис Игоревич, 9 класс, МОУ лицей № 14, городской округ Жуковский, Московская обл.;

Долгов Даниил Александрович, 9 класс, МОУ

Гимназия № 1, городской округ Жуковский, Московская обл.;

Евсеев Сергей Сергеевич, 9 класс, МБОУ “Средняя общеобразовательная школа № 56”, г. Чебоксары, Чувашская Республика;

Автаева Анастасия Андреевна, 10 класс, ГБНОУ “Республиканский лицей для одаренных детей”; Республика Мордовия;

Шепелев Алексей Сергеевич, 10 класс, МОУ лицей № 14, городской округ Жуковский, Московская обл.;

Утешев Иван Александрович, 10 класс (выступал за 11 класс), ГБНОУ “Республиканский лицей для одаренных детей”; Республика Мордовия;

Акметдинов Руслан Рашидович, 11 класс, Средняя общеобразовательная школа № 179, ГАОУ высшего профессионального образования г. Москвы “Московский институт открытого образования”;

Гришин Кирилл Алексеевич, 11 класс, МБОУ лицей № 57, городской округ Тольятти, Самарская обл.;

Желтоухов Сергей Геннадьевич, 11 класс, МОУ “Лицей”, г. Дедовск Истринского муниципального района, Московская обл.;

Соколов Максим Александрович, 11 класс, МБОУ лицей авиационного профиля № 135, городской округ Самара;

Тихоненко Илья Сергеевич, 11 класс, ГБОУ Санкт-Петербургский губернаторский физико-математический лицей № 30, г. Санкт-Петербург;

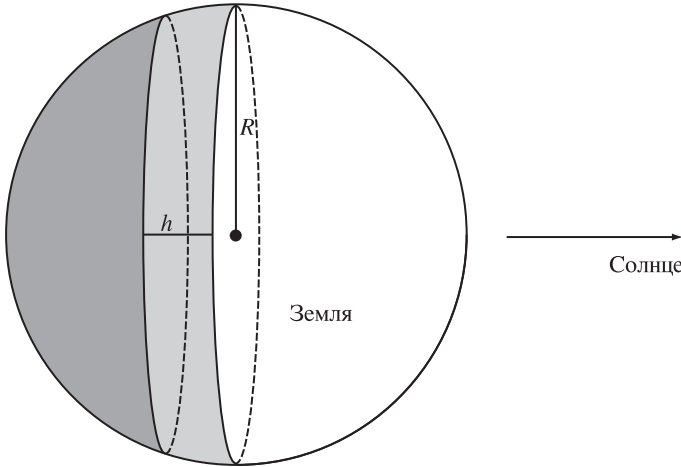
Федотова Алёна Дмитриевна, 11 класс, Средняя общеобразовательная школа № 179 ГАОУ высшего профессионального образования г. Москвы “Московский институт открытого образования”.

Примеры заданий олимпиады (11 класс):

1. Сумерки (автор – Е.Н. Фадеев). Определите, на какой части поверхности Земли сейчас наблюдаются сумерки (в любой их стадии)? Угловыми размерами Солнца и рефракцией пренебречь. Решение дополните рисунком.

Решение. По определению, сумерки продолжаются, пока Солнце находится в пределах высот от 0° до -18° . Будем считать Землю шаром. Тогда сумерки наблюдаются на сферической части поверхности шарового слоя, заключенного между полушарием, где в данный момент день, и сегментом, где ночь. Высота этого шарового слоя равна: $h = R \sin 18^\circ$.

Площадь сферической поверхности шарового слоя – $2\pi Rh$. Сравнивая ее с площадью всего земного шара, получаем величину части,



К задаче “Сумерки”: R – радиус Земли; h – высота слоя, где наблюдаются сумерки.

погруженной в сумерки:

$$S_T = \frac{2\pi R h}{4\pi R^2} = \frac{\sin 18^\circ}{2} \approx 0,15.$$

Площадь поверхности шарового сегмента может быть оценена, если мы заменим сегмент, например, цилиндром или усеченным конусом. В случае цилиндра ответ получается фактически таким же, поскольку площадь боковой поверхности цилиндра вычисляется по той же формуле, что и площадь сферической части шарового слоя.

2. Звезда на матовом стекле (автор – О.С. Угольников). Телескоп-рефрактор с относительным отверстием 1 : 5 и прямой каркасной трубой навели на звезду 0^m . Затем с него сняли окуляр и поставили в фокальную плоскость матовую стеклянную пластинку. Какую звездную величину будет иметь

изображение звезды на пластинке, если наблюдатель находится рядом с объективом (сбоку от него, не затеняя ход лучей звезды в телескопе)? Считать, что матовое стекло рассеивает весь свет в обе стороны от себя, причем равномерно во всех направлениях.

Решение. Обозначим поток энергии от звезды через J . Количество энергии, которое за единицу времени попадет в телескоп с диаметром объектива D и соберется в изображении звезды в фокальной плоскости, составит: $E = J \frac{\pi D^2}{4}$.

Матовое стекло отразит этот свет равномерно во всех направлениях. Если наблюдатель находится рядом с объективом, на фокусном расстоянии F от пластинки, то поток

энергии от изображения звезды около него будет:

$$j = \frac{E}{4\pi F^2} = \frac{J}{16} \left(\frac{D}{F} \right)^2.$$

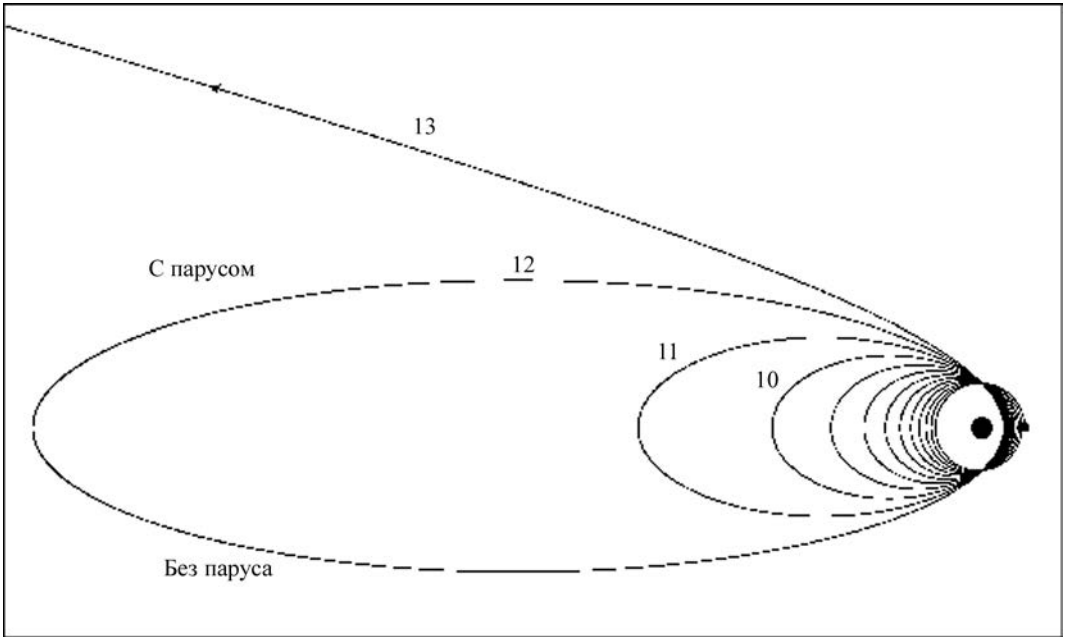
Диаметр объектива D и его фокусное расстояние F неизвестны, но задано их отношение, равное 1 : 5. Звездная величина изображения звезды с блеском m_0 на матовом стекле будет равна

$$\begin{aligned} m &= m_0 - 2,51 \lg \frac{j}{J} = \\ &= m_0 - 51 \lg \frac{D}{4F} = \\ &= m_0 - 51 \lg \frac{1}{20} = 6,5. \end{aligned}$$

3. Межпланетный парусник (автор – О.С. Угольников).

Космический аппарат вывели на круговую гелиоцентрическую орбиту радиусом 1 а.е. После этого на нем был развернут солнечный парус, постоянно обращенный к Солнцу и уменьшающий эффективную силу его притяжения на 4%. В ходе дальнейшего движения этот парус мгновенно сворачивался, как только аппарат достигал афелия своей текущей орбиты, но вновь раскрывался в каждом перигелии. Сколько целых оборотов вокруг Солнца сделает этот аппарат? Какова его дальнейшая судьба? Взаимодействием аппарата со всеми телами, кроме Солнца и его фотонов, пренебречь.

Решение. Как известно, сила фотонного давления на солнечный парус, как и



К задаче “Межпланетный парусник”. Траектория космического аппарата с раскрывающимся солнечным парусом.

сила притяжения Солнца, убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до него. Поэтому отношение двух сил при постоянной ориентации паруса к Солнцу будет постоянно, и эффективная сила притяжения при раскрытом парусе будет всегда составлять $24/25$ от истинной силы притяжения Солнца.

Пусть после n оборотов, на каждом из которых парус сначала разворачивался в перигелии, а затем сворачивался в афелии, аппарат движется по орбите с большой полуосью a_n и эксцентриситетом e_n (до первого раскрытия па-

руса $a_0 = 1$ а.е. и $e_0 = 0$). В точке перигелия расстояние космического аппарата от Солнца и его скорость составят:
 $r_n = a_n (1 - e_n)$;

$$V_n = \sqrt{\frac{GM}{a_n} \cdot \frac{1+e_n}{1-e_n}} = \sqrt{\frac{GM}{r_n} \cdot (1+e_n)}.$$

В данной точке он раскрывает парус, и его дальнейшее движение будет таким же, как оно было бы в поле тяжести звезды массой $24/25 M_{\odot}$. Очевидно, что данная точка будет перигелием и этой орбиты. Для новых параметров орбиты A_{n+1} и E_{n+1} справедливы соотношения: $r_n = A_{n+1} (1 - E_{n+1})$;

$$V_n = \sqrt{\frac{24GM}{25A_{n+1}} \cdot \frac{1+E_{n+1}}{1-E_{n+1}}} = \sqrt{\frac{24GM}{25r_n} \cdot (1+E_{n+1})}.$$

Сопоставляя все формулы, мы получаем:

$$\frac{24}{25} \cdot (1+E_{n+1}) = 1+e_n;$$

$$E_{n+1} = \frac{25e_n+1}{24}.$$

По новой траектории аппарату предстоит сделать половину оборота. Когда он достигнет афелия, его расстояние от Солнца и скорость будут равны:

$$R_{n+1} = A_{n+1}(1+E_{n+1});$$

$$v_{n+1} = \sqrt{\frac{24GM}{25A_{n+1}} \cdot \frac{1-E_{n+1}}{1+E_{n+1}}} = \sqrt{\frac{24GM}{25R_{n+1}} \cdot (1-E_{n+1})}.$$

В афелии парус сворачивается, и космический аппарат оказывается в обычном поле тяжести Солнца на орбите с большой полуосью a_{n+1} и эксцентриситетом e_{n+1} . Для них справедли-

вы соотношения: $R_{n+1} = a_{n+1}(1 + e_{n+1})$;

$$v_{n+1} = \sqrt{\frac{GM}{a_{n+1}} \cdot \frac{1 - e_{n+1}}{1 + e_{n+1}}} = \sqrt{\frac{GM}{R_{n+1}} \cdot (1 - e_{n+1})}.$$

Отсюда мы можем получить:

$$\frac{24}{25} \cdot (1 - E_{n+1}) = 1 - e_{n+1};$$

$$e_{n+1} = \frac{24E_{n+1} + 1}{25} = \frac{25e_n + 2}{25} = e_n + \frac{2}{25} = e_n + 0,08.$$

Приращение эксцентриситета постоянно и не зависит от номера витка. С учетом $e_0 = 0$, для траектории без паруса на витке n мы имеем: $e_n = 2n/25$. Для витка с раскрытым парусом:

$$E_n = \frac{25e_{n-1} + 1}{24} = \frac{2n - 1}{24}.$$

Космический аппарат сделает 12 полных оборотов вокруг Солнца с периодически раскрывающимся парусом. 13-й виток уже не будет замкнутым, так как представит из себя гиперболу с эксцентриситетом $E_{13} = 1,04$. Раскрыв парус в 13-й раз, аппарат покинет Солнечную систему. В задаче можно учитывать эффект Пойнтинга – Робертсона (см. статью М.Е. Сачкова в этом номере), связанный с тормозящим ускорением от боковых фотонов на движущийся аппарат. Однако он будет очень мал, и уменьшение эксцентриситета на 13-м витке составит примерно 0,0002.

Траектория все равно станет гиперболической.

Нужно также отметить, что с каждым новым витком у аппарата будет уменьшаться перигелийное расстояние. Однако, это не создаст проблем для его работы, так как расстояние в перигелии останется значительно больше радиуса Солнца. Чтобы доказать это, рассмотрим моменты перед раскрытием паруса в перигелии на i -том витке и запишем формулировку закона сохранения момента импульса (который, безусловно, выполняется для аппарата, так как сила фотонного давления центральная и не создает вращательного момента):

$$mV_i r_i = mV_0 a_0;$$

$$\sqrt{\frac{GM}{r_i}} (1 + e_i) \cdot r_i = \sqrt{\frac{GM}{a_0}} \cdot a_0,$$

здесь m – масса космического аппарата. Отсюда можно записать выражение для перигелийного

$$\text{расстояния: } r_i = \frac{a_0}{1 + e_i}.$$

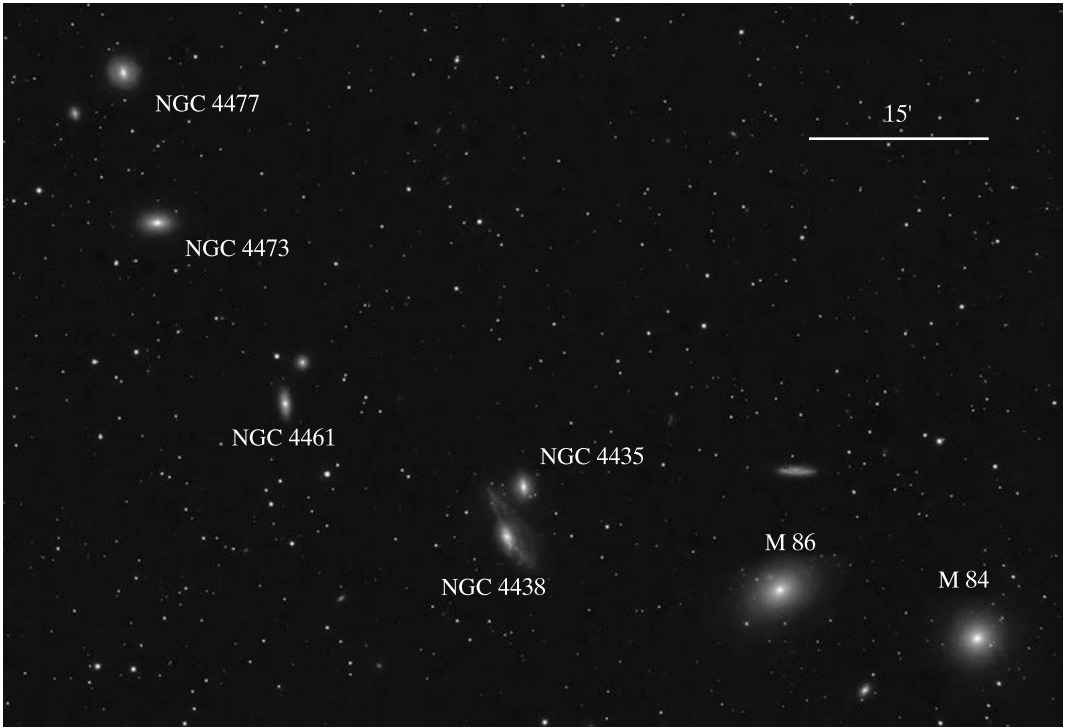
На всех участках витков со свернутым парусом эксцентриситет не превышает единицу, и перигелийные расстояния будут не меньше 0.5 а.е., то есть аппарат будет всегда дальше от Солнца, чем Меркурий.

Описанный маневр – возможное средство разгона тел с парусами, движущимися под действием излучения звезды в ее гравитационном поле. Его суть в чем-то аналогична взмаху кры-

ла птицы и состоит в том, что парус раскрыт, когда аппарат удаляется от Солнца. Тем самым, фотоны сообщают ему ускорение по ходу движения и совершают положительную работу. На другой половине витка парус сворачивается, и фотоны не оказывают тормозящее действие.

4. Холодное облако (автор – Н.Н. Шахворостова). Межзвездное облако состоит из молекулярного водорода (H_2) и пыли и имеет форму шара с однородным внутренним распределением массы. Блеск далеких звезд, расположенных за центром облака, ослаблен на 1^m . При каком радиусе это облако начнет сжиматься под действием собственного тяготения, если его температура составляет 20К? Массовое соотношение газа и пыли в облаке постоянно и равно 100 : 1, черные пылинки имеют радиус 0,5 мкм, плотность 1 г/см³ и ослабляют свет по законам геометрической оптики.

Решение. Основу массы облака составляет газ, прозрачный для излучения. Ослабление света происходит на пылевых частицах. Пусть J_0 и J – величины потока излучения, входящего в облако и выходящего из него. Если облако только поглощает излучение и не излучает само, то эти величины связаны уравнением: $J = J_0 e^{-\tau}$, где τ – оптическая толщина



К задаче “Цепочка Маркаряна”. Изображение части скопления галактик “цепочка Маркаряна” в созвездии Девы.

облака, которую можно трактовать как число частиц на пути луча света. Из закона Погсона, связывающего видимую яркость объекта с его звездной величиной, известно, что $J = J_0 10^{0.4(m_0 - m)}$. Сравнивая эти выражения и принимая во внимание, что блеск звезд за облаком ослаблен на 1^m , получаем, что среднее число частиц на пути света равно $\tau = \ln 2.512 \sim 1$. Обозначив радиус пылинки как r , а радиус облака через R , записываем

выражение: $2R n \pi r^2 = \tau$, здесь n – концентрация пылевых частиц. Отсюда мы выражаем массовую плотность пыли в облаке ρ_D и полную плотность ρ :

$$\rho_D = n \cdot \frac{4}{3} \rho_0 \pi r^3;$$

$$\rho = K \rho_D = \frac{2K \tau \rho_0 r}{3R},$$

здесь ρ_0 – плотность одной пылинки, K – соотношение массы газа и пыли в облаке (учитываем, что оно значительно больше единицы). Запишем формулу для круговой (первой космической) скорости на краю облака:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{4\pi G \rho}{3}} \cdot R =$$

$$= \sqrt{\frac{8\pi G K \tau \rho_0 r R}{9}}.$$

Коэффициент $8/9$ близок к единице, и в дальнейших расчетах мы его опускаем. Облако перестанет быть устойчивым и начнет сжиматься, если характерные скорости частиц (молекул газа) станут меньше первой космической скорости. Среднеквадратичная скорость частицы равна:

$$v_T = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}},$$

здесь m – масса молекулы водорода, μ – молярная масса, k – постоянная Больцмана, R – универсальная газовая постоянная, T – температура. Отсюда получаем выражение для радиуса:

$$R \geq \frac{3RT}{\pi G \mu K \tau \rho_0 r} \approx \frac{RT}{G \mu K \tau \rho_0 r} =$$

$$= 2,5 \cdot 10^{16} \text{ м} \approx 0,8 \text{ нк.}$$

Характеристики галактик “цепочки Маркаряна”

Галактика	v_R , км/с	m
NGC 4374 (M84)	1060	9,2
NGC 4406 (M86)	-244	8,9
NGC 4435	801	10,8
NGC 4438	71	10,0
NGC 4461	1931	11,1
NGC 4473	2244	10,2
NGC 4477	1355	10,4

5. Цепочка Маркаряна (практический тур, автор задачи – Н.Н. Шахворостова). Перед Вами фотография галактик, входящих в известную “цепочку Маркаряна” – часть скопления галактик в созвездии Девы. Галактики удалены на 16 Мпк от Земли. В предположении, что “цепочка Маркаряна” является гравитационно-связанной системой, оцените массовый вклад темной материи в этой системе. Считать, что светимость галактик равна 1/10 светимости Солнца на солнечную единицу звездной массы. Межзвездным поглощением света пренебречь. В таблице приведены значения лучевой скорости и видимой звездной величины каждой из этих галактик.

Решение. Будем считать систему гравитационно-связанной, если ее полная энергия отрицательна. Это не значит, что система останется такой вечно и не потеряет ни одного своего члена, но в этом случае она не сможет распаться полностью.

Чтобы найти величину энергии, нужны данные о массах и скоростях в этой системе. Из наблюдений мы знаем яркости галактик, пропорциональные их звездной массе, и одну компоненту скорости каждой из них. Введем значение яркости галактики, определяемое ее звездной величиной: $J_i = CM_i = 10^{-0,4m_i}$, здесь m_i – видимая звездная величина галактики с номером i , M_i – ее видимая (звездная) масса, C – некоторая постоянная. Определим лучевую скорость центра видимой массы всей “цепочки Маркаряна”:

$$V_0 = \frac{\sum_i M_i v_i}{\sum_i M_i} = \frac{\sum_i J_i v_i}{\sum_i J_i} = +670 \text{ км/с.}$$

Каждая из галактик движется вдоль луча зрения относительно центра масс со скоростью $v_i - V_0$. Среднеквадратичная собственная лучевая скорость галактик составляет:

$$\begin{aligned} \bar{v}_i &= \sqrt{\frac{\sum_i M_i (v_i - V_0)^2}{\sum_i M_i}} = \\ &= \sqrt{\frac{\sum_i J_i (v_i - V_0)^2}{\sum_i J_i}}. \end{aligned}$$

В действительности, галактики движутся вдоль трех направлений, квадраты компонент скорости складываются друг с другом. Будем считать вклад в энергию от движения по всем трем осям одинаковым. Тогда среднеквадратичная собственная скорость галактик равна:

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \sqrt{\frac{3 \sum_i M_i (v_i - V_0)^2}{\sum_i M_i}} = \\ &= \sqrt{\frac{3 \sum_i J_i (v_i - V_0)^2}{\sum_i J_i}} = \\ &= 1500 \text{ км/с.} \end{aligned}$$

Для простоты решения мы вполне могли считать массы галактик одинаковыми. В этом случае мы бы получили несколько иное значение сред-

ней лучевой скорости

$$V'_0 = \frac{\sum_i v_i}{7} = +1000 \text{ км/с, но}$$

практически такую же среднеквадратичную скорость:

$$v' = \sqrt{\frac{3 \sum_i (v_i - V_0)^2}{7}} = 1500 \text{ км/с.}$$

Заметим, что скрытая масса, входящая в “цепочку Маркаряна”, взаимодействует с видимой массой и также движется, и для нее мы предполагаем ту же характерную среднеквадратичную скорость. Чтобы система с такими скоростями была связанной, модуль потенциальной энергии должен превосходить кинетическую энергию. обозна-

чим характерный радиус системы как R . Тогда

$$\frac{GM^2}{2R} > \frac{M\bar{v}^2}{2}; M > \frac{\bar{v}^2 R}{G}.$$

Радиус системы нам известен (200 кпк), так как он виден под углом $40'$ с расстояния 16 Мпк. Это означает, что полная масса системы не меньше 2×10^{44} кг, или $10^{14} M_\odot$.

Определим теперь массу видимого вещества в “цепочке Маркаряна”. Вычисляя суммарную видимую звездную величину всех галактик, получаем $7,7^m$. Пренебрегая межзвездным поглощением (как в галактиках цепочки, так и в нашей Галактике), получаем абсолютную звездную величину системы: $m_A = m + 5 - 5 \lg D = -23,3$, здесь D – расстояние до системы. Абсолютная звездная ве-

личина системы на 28^m меньше, чем у Солнца. Следовательно, светимость “цепочки Маркаряна” равна 160 миллиардам светимостей Солнца. По условию задачи, одна солнечная светимость в галактиках создается звездной массой $10 M_\odot$. В итоге, суммарная видимая масса системы M_V составит $1,6 \times 10^{12} M_\odot$. Предположение о гравитационной связанности системы ведет к величине вклада темного веще-

$$\text{ства: } \mu_D = \frac{M - M_V}{M} = 0,984.$$

Это очень большая величина. По-видимому, “цепочка Маркаряна” не гравитационно-связанная система. К подобному выводу пришел советский астроном В.Е. Маркарян (1913–1985) в своей работе 1961 г.

Информация

Звездообразование в комплексе Хербига – Аро 24

Недавно получена самая подробная фотография небольшого скопления молодых звезд в области Хербига – Аро 24 (Herbig-Haro 24 Complex), находящейся на расстоянии около 1300 св. лет от нас в молекулярном облаке Орион-В созвездия Орион (см. стр. 3 обложки). Комплекс Хербига – Аро 24 открыт в 1963 г. астрономами Джорджем Хербигом и

Леном Кухи. Изображение этого комплекса сделано с помощью прибора GMOS на 8-м телескопе астрономической обсерватории Джемини в Чили.

На снимке хорошо видно шесть струй газа, извергающихся на сверхзвуковых скоростях из области звездообразования. Это самое большое число джетов у одного объекта из всех известных. Астрофизикам удалось обнаружить динамический беспорядочный процесс рождения звезд и группу убегающих звезд, вытесненных в результате такой активности. Одна струя распалась на фрагменты, по-видимому, на нее воздействовала тесная двойная звезда. Другие

струи исходят из протозвезды SSV63 класса I, которая, судя по ИК-снимку высокого разрешения, содержит минимум пять компонентов. Множество молодых источников звездообразования, расположенных в глубине этой области, обнаружено в субмиллиметровом диапазоне. Все они заключены в плотное ядро молекулярного облака. В ходе поиска тусклых звезд в комплексе Хербига – Аро 24 удалось найти несколько слабых оптических звезд далеко за пределами ядра области звездообразования.

Пресс-релиз Обсерватории Джемини,
25 сентября 2015 г.

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: март – апрель 2016 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Март		
1	23	Луна в последней четверти
2	7	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
7	8	Луна проходит в 3° севернее Венеры
8	2	Луна проходит в 3° севернее Меркурия
8	10	Юпитер в противостоянии с Солнцем
9	1	Новолуние
10	6	Луна в перигее
14	14	<i>Покрытие Луной звезды Альдебаран (α Тельца)</i>
15	17	Луна в первой четверти
20	4	Весеннее равноденствие
22	2	Луна проходит в 3° южнее Юпитера
23	12	Полнолуние
23	19	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
25	12	Сатурн переходит от прямого движения к попятному
25	14	Луна в апогее
28	20	Луна проходит в 3° севернее Марса
29	15	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
31	15	Луна в последней четверти
Апрель		
7	11	Новолуние
7	17	Луна в перигее
8	13	Луна проходит в 6° южнее Меркурия
9	21	Уран в соединении с Солнцем
14	4	Луна в первой четверти
17	1	Марс переходит от прямого движения к попятному
18	3	Луна проходит в 3° южнее Юпитера
18	12	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (20°)

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
21	15	Луна в апогее
22	5	Полнолуние
25	5	Луна проходит в 4° севернее Марса
25	19	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
29	6	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
30	3	Луна в последней четверти

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
Март 1	22	48	- 07	35	06:39	17:50	06:51	17:38	07:11	17:18
11	23	26	- 03	43	06:21	18:03	06:26	17:58	06:34	17:50
21	00	02	+ 00	14	06:02	18:16	06:01	18:18	05:58	18:21
31	00	39	+ 04	09	05:43	18:29	05:35	18:37	05:20	18:52
Апрель 10	01	15	+ 07	57	05:25	18:42	05:10	18:57	04:43	19:23
20	01	52	+ 11	31	05:08	18:54	04:45	19:16	04:06	19:56
30	02	30	+ 14	46	04:52	19:07	04:23	19:36	03:29	20:29

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время восхода Солнца 16 апреля 2016 г. в Калининграде (широта – 54° 42', долгота – 1° 22', 1-я часовая зона – местное время UT + 2^ч). Пользуясь Таблицей II, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 16 апреля, получаем 4^ч 56^м. Вычтем из него долготу места, прибавим 2^ч, получим 5^ч 34^м.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Меркурий												
Март 1	1	21	42,6	-15	50	-0,3	5,2	0,87	-	-	-	
11	11	22	46,7	-10	07	-0,7	5,0	0,94	-	-	-	
21	21	23	54,5	-02	21	-1,7	4,9	0,99	-	-	-	
31	31	01	06,5	+06	52	-1,6	5,2	0,96	-	-	-	

Таблица III (окончание)

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Апрель	10	02	16,3	+ 15	26	-0,9	6,2	0,69	1,1	1,1	0,9	Вечер
	20	03	06,0	+ 20	24	0,3	8,0	0,34	1,2	1,3	0,6	Вечер
	30	03	21,3	+ 20	46	2,7	10,5	0,09	—	—	—	
Венера												
Март	1	21	13,2	- 16	47	-3,9	11,3	0,91	0,8	—	—	Утро
	11	22	02,2	- 13	08	-3,8	10,9	0,93	0,4	—	—	Утро
	21	22	49,5	- 08	52	-3,8	10,8	0,94	—	—	—	
	31	23	35,6	- 04	13	-3,8	10,4	0,95	—	—	—	
Апрель	10	00	21,1	+ 00	39	-3,8	10,2	0,97	—	—	—	
	20	01	06,5	+ 05	31	-3,8	10,1	0,98	—	—	—	
	30	01	52,5	+ 10	12	-3,9	9,9	0,99	—	—	—	
Марс												
Март	1	15	43,5	- 18	23	0,3	8,7	0,90	6,0	5,4	4,1	Утро
	11	15	58,6	- 19	16	0,0	9,6	0,91	6,0	5,4	3,8	Утро
	21	16	11,4	- 19	59	-0,2	10,6	0,91	6,2	5,3	3,5	Утро
	31	16	21,0	- 20	35	-0,5	11,7	0,93	6,3	5,4	3,3	Утро
Апрель	10	16	26,8	- 21	03	-0,8	13,0	0,94	6,6	5,5	3,1	Утро
	20	16	27,8	- 21	24	-1,1	14,5	0,96	6,9	5,7	3,0	Ночь
	30	16	23,6	- 21	38	-1,4	16,0	0,98	7,4	6,0	2,8	Ночь
Юпитер												
Март	1	11	22,0	+ 05	41	-2,3	44,3	1,00	12,0	12,3	12,6	Ночь
	11	11	17,2	+ 06	12	-2,3	44,4	1,00	12,0	12,1	12,3	Ночь
	21	11	12,5	+ 06	42	-2,3	44,2	1,00	11,4	11,4	11,3	Ночь
	31	11	08,2	+ 07	09	-2,3	43,7	1,00	10,7	10,6	10,3	Ночь
Апрель	10	11	04,5	+ 07	30	-2,2	42,9	1,00	9,9	9,7	9,2	Ночь
	20	11	01,8	+ 07	46	-2,2	42,0	1,00	9,0	8,8	8,0	Ночь
	30	11	00,1	+ 07	54	-2,1	40,9	0,99	8,1	7,9	6,7	Вечер
Сатурн												
Март	1	16	58,6	- 20	58	0,5	16,6	1,00	4,3	3,6	1,8	Утро
	11	17	00,0	- 20	59	0,4	16,9	1,00	4,6	3,8	1,8	Утро
	21	17	00,7	- 20	59	0,4	17,1	1,00	5,0	4,1	1,9	Утро
	31	17	00,6	- 20	58	0,4	17,4	1,00	5,4	4,3	1,9	Утро
Апрель	10	16	59,9	- 20	56	0,3	17,7	1,00	5,7	4,6	1,9	Утро
	20	16	58,5	- 20	53	0,2	17,9	1,00	6,1	4,8	1,8	Утро
	30	16	56,5	- 20	49	0,2	18,1	1,00	6,5	5,1	1,0	Ночь

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

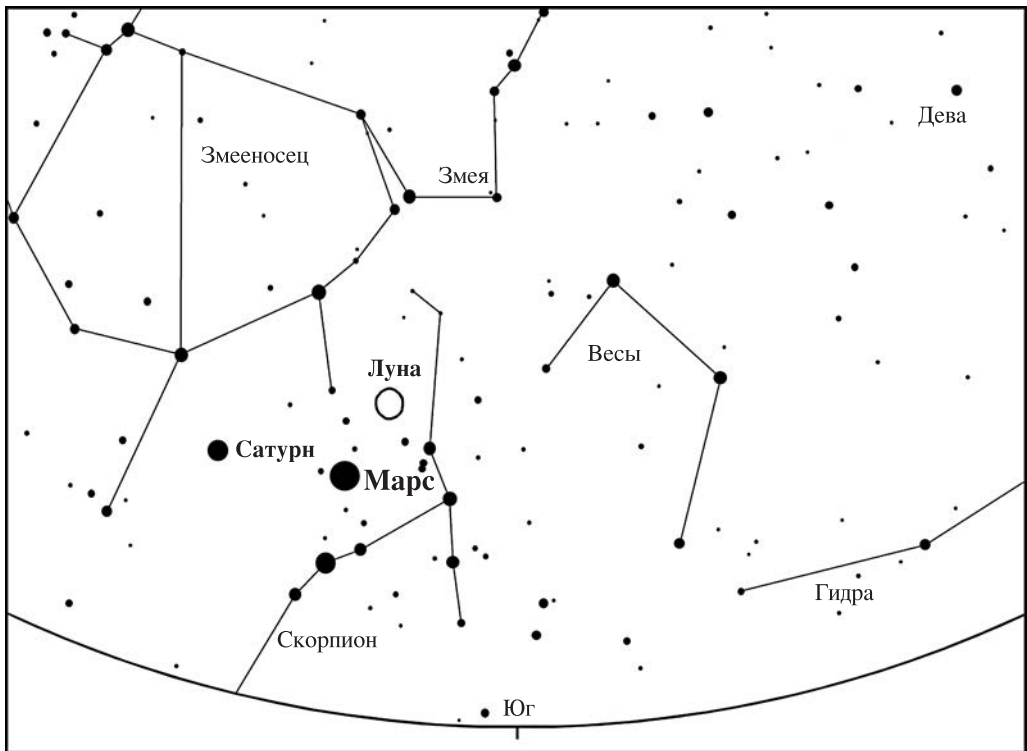
ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий 23 марта будет в верхнем соединении с Солнцем и в марте не видим. 8 апреля Луна пройдет недалеко от него. Начинается вечерняя видимость Меркурия, в этот период он находится в созвездии Овна и постепенно приближается к Земле. Его видимый угловой диаметр увеличивается с 6,2" 10 апреля до 8,0" 20 апреля. 18 апреля Меркурий – в наибольшей восточной элонгации (20°). Продолжительность его видимости в северных широтах уменьшается с 0,9 ч 10 апреля до 0,6 ч 20 апреля, в средних и южных широтах немного увеличивается с 1,1 ч до 1,2–1,3 ч. Блеск Меркурия уменьшается с $-0,9^m$ до $0,3^m$, после 20 апреля блеск быстро падает, и планета теряется в вечерних лучах Солнца.

Венера продолжает удаляться от Земли и на небесной сфере прибли-

жаться к Солнцу, ее еще можно увидеть в утреннее время в южных широтах нашей страны в самом начале марта. Блеск Венеры – около $-3,9^m$ и слабеет, ее видимый угловой диаметр – около 11" и уменьшается. После 11 марта планета теряется в утренних лучах Солнца и не будет видна до августа.

Марс в начале весны виден в утреннее время, с середины апреля – в ночное. В начале марта Марс перемещается по созвездию Весов, 13 марта – Скорпиона, 3 апреля – Змееносца, в котором 17 апреля переходит от прямого движения к попятному и в последние сутки апреля возвращается в созвездие Скорпиона. Марс продолжает приближаться к Земле, его видимый угловой диаметр увеличивается с 8,7" 1 марта до 16,0" 30 апреля. Его блеск



Вид южной части звездного неба в Москве 25 апреля 2016 г. в 2^ч 00^м по московскому времени. Отмечено положение Марса, Сатурна и Луны.

в этот период увеличивается с $0,3^m$ до $-1,4^m$. Продолжительность видимости Марса в северных широтах уменьшается с 4,1 ч 1 марта до 2,8 ч 30 апреля, а в средних и южных широтах увеличивается с 5,4–6,0 ч 1 марта до 6,0–7,4 ч 30 апреля. Луна пройдет недалеко от Марса 28 марта и 25 апреля.

Юпитер движется попятно по созвездию Льва. В марте сложатся наилучшие условия видимости планеты-гиганта. 8 марта Юпитер находится в противостоянии с Солнцем. Продолжительность его видимости уменьшается в зависимости от широты места наблюдения с 12,6–12,0 ч 1 марта до 6,7–8,1 ч 30 апреля. Видимый угловой диаметр Юпитера в этот период уменьшается с $44,3''$ до $40,9''$. Блеск немного уменьшается с $-2,3^m$ до $-2,1^m$. Луна пройдет не-

далеко от Юпитера 22 марта и 18 апреля. Большой угловой размер планеты позволит даже в небольшие инструменты наблюдать ее облачный покров, галилеевы спутники можно увидеть в бинокль.

Сатурн в марте виден утром в созвездии Змееносца. 25 марта Сатурн переходит от прямого движения к попятному. Он становится ближе к Земле, и его видимый угловой диаметр возрастает с $16,6''$ 1 марта до $18,1''$ 30 апреля. Продолжительность видимости Сатурна в северных широтах уменьшается с 1,8 ч 1 марта до 1,0 ч 30 апреля, в средних и южных широтах возрастает с 3,6–4,3 ч до 5,1–6,5 ч. Блеск планеты-гиганта увеличивается с $0,5^m$ 1 марта до $0,2^m$ 30 апреля. Луна пройдет недалеко от Сатурна 2, 29 марта и 25 апреля.

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ 9 МАРТА 2016 г.

Полные фазы затмения видны в акватории Тихого океана и на территории Индонезии. На Дальнем Востоке можно наблюдать небольшие частные фазы

затмения: Владивосток – 0,037 в 2 ч 01 м, Петропавловск-Камчатский – 0,096 в 2 ч 47 м, Южно-Сахалинск – 0,069 в 2 ч 23 м.

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

Информация

КТХ: Туманность Вуаль

В апреле 2015 г. КТХ сделал фотографию огромной (размер 110 св. лет) диффузной туманности Вуаль – остатка сверхновой в созвездии Лебедя, находящейся на расстоянии 2100 св. лет. В ее состав входят отдельные туманности, которые имеют собственные названия – Ведьмина метла (NGC 6960), Треугольник Пикеринга (NGC 6979) в

честь директора обсерватории Гарвардского университета В. Пикеринга, Волокнистая (NGC 6995). Первый раз КТХ запечатлел три ее части в 1997 г. Новое изображение наиболее детально показывает восточную сторону одной из частей туманности, названной Петлей, или Рыбачьей сетью (NGC 6992) размером 16 св. лет (см. стр. 4 обложки). Вся туманности Вуаль образовалась 5–8 тыс. лет назад после взрыва звезды массой $20 M_{\odot}$. Ее открыл 5 сентября 1784 г. В. Гершель.

Хаотически расположенные газовые волокна расши-

ряющегося холодного молекулярного облака Рыбачьей сети покрывают на небе область 3° . Мерцающие завитки плазмы туманности Рыбачья сеть светятся под действием скоростных ударных волн и распространяются по окружающему пространству, разметая и возбуждая межзвездное вещество. Светящиеся волокна похожи на длинные волны на поверхности воды, в них хорошо различается свечение ионизированного водорода, атомов серы и кислорода.

Пресс-релиз NASA,
24 сентября 2015 г.

Байконуру – 60!

Космодром Байконур стал первым “причалом Вселенной”, как назвал его историк космонавтики Я.К. Голованов, откуда пролегли дороги в космос. *“С берега Вселенной, которым стала священная земля нашей Родины, – писал Главный конструктор С.П. Королёв, – не раз уйдут в еще неизведанные космические дали советские корабли, поднимаемые мощными ракетами-носителями. Каждый их полет и возвращение будут великим праздником советского народа, всего передового человечества – победой Разума и Прогресса!”*

В 1954 г. была создана Государственная комиссия по выбору места космодрома, ее председателем назначили начальника испытательного полигона Капустин Яр генерал-лейтенанта артиллерии В.И. Вознюка. Проведя рекогносцировку, комиссия вышла с предложением о размещении космодрома в местечке Тюра-Там в Казахстане восточнее

Аральского моря, в нескольких сотнях километров от поселка Байконур. Это место имело ряд преимуществ: малонаселенность по трассе полета ракет, равнинная полупустынная местность, река Сырдарья, проходящие вблизи железнодорожная магистраль и автомобильная трасса, более 300 солнечных дней в году и, главное, близость к экватору, дающая возможность использовать для запусков дополнительную скорость вращения Земли.

12 февраля 1955 г. правительство приняло решение о создании космодрома Байконур, этот район условно назвали “Тайга”. Возглавил строительство генерал-майор Г.М. Шубников, который руководил возведением монумента воину-освободителю по проекту Е.В. Вучетича в Трептов-парке в Берлине. В январе 1955 г. прибыл отряд военно-строительной части под командованием старшего лейтенанта И.Н. Денежкина. Присту-

пили к устройству производственной базы: закладывались бетонные заводы, механизированные склады для песка и гравия, организовывалось лесопильное и деревообрабатывающее предприятия. Трудности, с которыми встретились строители космодрома, были связаны, конечно, с суровыми климатическими условиями, но прежде всего – с неуроженностью быта, отсутствием какого-либо опыта в постройке подобных объектов, крайне сжатыми сроками выполнения работ. Один из организаторов и участников возведения космодрома М.Г. Григоренко вспоминал: *“Нигде в мире не было опыта проектирования и строительства столь сложных, по существу, уникальных сооружений и комплексов, как космодром. Требования к точности и долговечности конструкций были предельно высокими. Без повседневной изобретательности, творчества, инженерной смелости, без умения идти на риск успеха*



Первые строители в поселке Заря. Космодром Байконур, середина 1950-х гг.

тона. Через четыре месяца было сдано стартовое сооружение под монтаж пускового оборудования, а затем и первый монтажно-испытательный корпус. 5 мая 1955 г. военные начали строить жилой поселок для испытателей космодрома, в разное время его называли Ташкент-90, поселок Заря, Ленинский, Звездоград, г. Ленинск, с декабря 1995 г. – г. Байконур. 2 июня 1955 г. директивой Генерального штаба утверждена организационно-штатная структура 5-го Научно-исследовательского испытательного полигона (5-й НИИП). Эта дата была официально признана днем рождения космодрома Байконур.

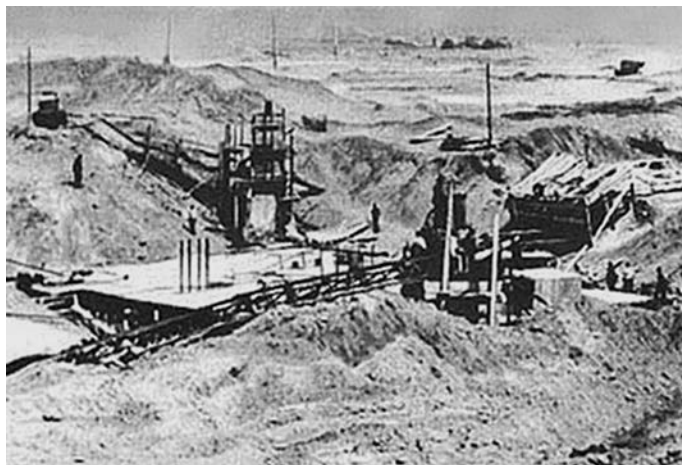
К концу 1955 г. в состав полигона входило 26 частей и подразделений. Были сформированы автомобильный батальон, авиационное звено, рота охраны и военный госпиталь. Из Белокоровичей на полигон прибыл дивизион бригады Резерва Верховного Главнокомандования. Руководил 5-м НИИП генерал-лейтенант артиллерии А.И. Нестеренко (1955–1958). В конце 1955 г. на полигоне работало 1900 военных, 664 рабочих и служащих, для которых подготовили временные деревянные административные и жилые здания (в основном барачного типа) на улицах Набережной и Пионерской. В декабре 1956 г.

добиться было бы невозможно. И, я думаю, не случайно руководящий состав строительства составляли фронтовики – люди, прошедшие тяжкие испытания войны, закалившиеся в ее горниле, люди, которых никакие трудности не могли ни испугать, ни остановить”.

Несмотря на тяжелейшие условия, вскоре к месту стройки уже пролегли автомобильная и железная дороги и возводился основной объект – стартовый комплекс № 1, для чего потребовалось поднять около миллиона кубометров грунта и уложить свыше тридцати тысяч кубометров бе-

первоочередные объекты были готовы. Специалисты устанавливали и отлаживали наземное оборудование, готовили к испытаниям ракетные комплексы. К началу летно-конструкторских испытаний мощной ракеты на полигоне находилось 427 инженеров и 237 техников, общая численность военнослужащих возросла до 3600 человек. Большинство испытателей прошли обучение и стажировку на заводах, изготавливающих ракетную технику, в научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро, на полигоне Капустин Яр.

15 мая 1957 г. со стартовой площадки полигона взлетела первая межконтинентальная баллистическая ракета Р-7 конструкции С.П. Королёва (масса – 273 т, дальность полета – 8600 км). Испытание оказалось неудачным, ракета пролетела всего 400 км из-за пожара в хвостовом отсеке. Следующий запуск Р-7 состоялся 21 августа 1957 г., она успешно отработала активный участок траектории и доставила в заданный район головную часть. Испытания показали, что ракета Р-7 может вывести на орбиту искусственный спутник Земли. 4 октября 1957 г. в 22 ч 28 мин 34 с по московскому времени (5 октября в 00 ч 28 мин 34 с по байконурскому времени) со стартовой площадки № 1

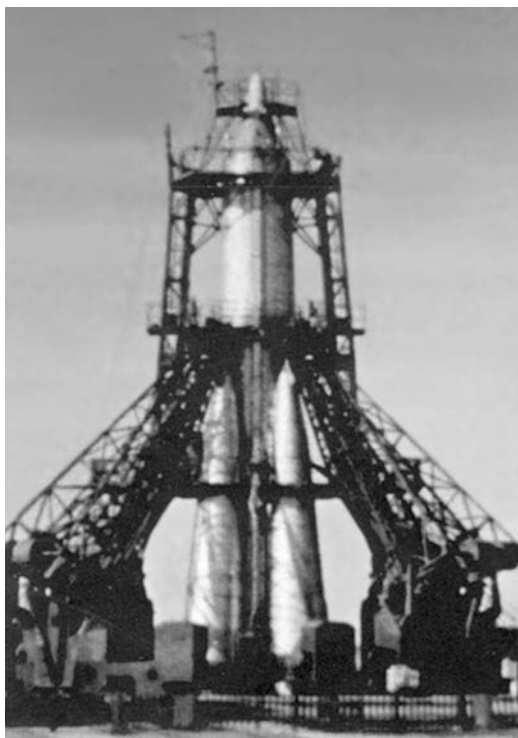


Стартовая площадка № 1 на космодроме Байконур, откуда были запущены первые спутники и пилотируемые корабли: во время строительства и после его окончания. 1956–1957 гг.

ракета-носитель “Спутник”, созданная на базе Р-7, вывела на околоземную орбиту первый в мире искусственный спутник Земли (масса – 83,6 кг). Так началась космическая эра.

3 ноября 1957 г. с космодрома стартовал второй ИСЗ (масса – 508,3 кг), в герметичной кабине ко-

торого находилась собака Лайка. В конце 1957 г. 5-й НИИП состоял из монтажно-испытательного комплекса и стартовой площадки, 15 измерительных пунктов (9 на территории Казахстана и 6 на территории России), базы падения 1-й ступени и головной части. В декабре 1957 г. за об-



Старты РН “Спутник” со вторым ИСЗ и РН “Восток-Л” с АМС “Луна-1”. Космодром Байконур. 3 ноября 1957 г. и 2 января 1959 г.

разцовое выполнение воинского долга в ходе испытаний ракетно-космической техники группа военнослужащих 5-го НИИП получила государственные награды.

В 1958 г. начальником полигона стал генерал-майор К.В. Герчик (1958–1960). В этот год со стартовой площадки 5-го НИИП было выполнено 10 пусков (7 ракет МБР Р-7 и 3 трехступенчатые “Восток-Л”), в том числе выведен на орбиту третий спутник. 1959 г. принес очередную победу по освоению космического пространства. 2 январ

яря в 19 ч 41 мин 21 с по московскому времени к Луне стартовала станция “Луна-1” (масса – 1472 кг), впервые в мире она достигла второй космической скорости и стала первой искусственной планетой Солнечной системы. В сентябре 1959 г. была решена задача доставки аппарата на Луну. 14 сентября в 00 ч 02 мин 02 с по московскому времени станция “Луна-2” достигла поверхности Луны в районе Моря Ясности. На Луну были доставлены шаровой и ленточный вымпелы с изображением герба Советского Союза

и надписью “СССР. Сентябрь 1959”. Дубликаты вымпелов хранятся в музее космодрома. 4 октября для фотосъемки обратной стороны Луны с 5-го НИИП произведен запуск автоматической станции “Луна-3”. На основе этого изображения в 1960 г. создали первую карту обратной стороны Луны, в 1965 г. – полный глобус.

В 1959 г. на полигоне выполнено 16 стартов, 14 из них удачные; продолжает развиваться измерительный комплекс. В поселке Заря в конце 1959 г. проживало 8 тыс.

человек. В январе 1960 г. на полигоне завершили летные испытания ракеты МБР Р-7, она поступила на вооружение Ракетных войск стратегического назначения. С запуска 15 мая ракеты-носителя «Восток-Л» с кораблем-спутником началась подготовка полета человека в космос. 29 июля 1960 г. труд испытателей полигона был по достоинству оценен: за успешные испытания ракеты Р-7 и в связи с 5-летием полигон наградили орденом Красной Звезды.

24 октября 1960 г. на стартовой площадке № 41 при испытании новой межконтинентальной баллистической ракеты Р-16 конструкции М.К. Янгеля произошла катастрофа. За 30 мин до старта на заправленной ракете включились двигатели 2-й ступени, и она взорвалась. Погибло 76 военнослужащих и представителей промышленности, 53 человека получили ожоги. Среди жертв – Главнокомандующий РВСН Главный маршал артиллерии М.И. Неделин, руководители испытаний от полигона полковники А.И. Носов и Е.И. Осташёв. Сегодня их имена носят улицы Байконура. В 1999 г. участники испытаний – 99 человек – были награждены орденом Мужества. На месте гибели (площадка № 41) воздвигнут мемориал –



Межконтинентальная баллистическая ракета Р-16 на стартовой площадке № 41. Внизу – памятник погибшим в катастрофе 24 октября 1960 г.

обелиск с ракетой Р-16, в городе на проспекте Гагарина на братской могиле установлен памятник погибшим. Ежегодно 24 октября отмечается День памяти погибших испытателей космодрома Байконур. Были и другие аварии. 24 октября 1963 г. на площадке 70 загорелась шахта боевой ракеты Р-9 из-за возник-

новения искры в загазованной атмосфере, погибло 8 человек.

В 1960 г. на полигоне построены и приняты в эксплуатацию 5 монтажно-испытательных корпусов, 4 стартовых комплекса, здесь работало уже около 10 тыс. человек. 1 февраля 1961 г. подписан Указ о вручении 5-му НИИП Боевого Знамени.



Обелиск в честь запуска I ИСЗ на гагаринском старте (площадка № 1) и памятник С.П. Королёву в г. Байконур.

9 и 25 марта 1961 г. прошли последние летные испытания космического корабля “Восток” с манекенами и животными на борту. 12 апреля 1961 г. в 9 ч 07 мин боевой расчёт 5-го НИИП подготовил и вывел на орбиту первый в мире пилотируемый корабль “Восток” (масса – 4,73 т) с Ю.А. Гагариным на борту. В документах о его запуске 5-й НИИП впервые назван космодромом Байконур. Дома, где жили С.П. Королёв и Ю.А. Гагарин во время подготовки к стартам, бережно сохранены. Установлены памятники в честь запуска пер-

вого спутника, академиком С.П. Королёву, В.П. Глушко, В.П. Бармину, Н.А. Пилюгину, В.И. Кузнецову, М.С. Рязанскому, М.К. Янгелю, В.Н. Челомею, генералам Г.М. Шубникову и А.И. Нестеренко, летчику-космонавту Ю.А. Гагарину. К 20-летию Байконура воздвигнут монумент “Наука и космос”.

В 1962 г. был учрежден День космонавтики – 12 апреля, в 1968 г. Международная авиационная федерация придала этому празднику статус международного. С 2011 г. 12 апреля отмечается во всем мире как

день первого полета человека в космос.

6–7 августа 1961 г. космонавт Г.С. Титов выполнил полет на корабле “Восток-2” (17 витков, 25 ч полета). В 1962–1965 гг. состоялись рекордные полеты одиночных кораблей “Восток-3–6” (впервые в мире побывала в космосе женщина-космонавт В.В. Терешкова), многоместных “Восход” и “Восход-2” (А.А. Леонов первым в мире вышел в открытый космос). Отметим, что с гагаринского старта (площадка № 1) запускалось большинство пилотируемых космических кораб-

лей, 500-й старт состоялся 2 сентября 2015 г.: ракета-носитель “Союз-ФГ” вывела на орбиту КК “Союз ТМА-18М” с экипажем 45-й экспедиции на МКС.

8 мая 1965 г. космодром награжден орденом Ленина, 15 января 1971 г. – орденом Октябрьской Революции. 21 июня 1966 г. поселок Ленинский переименовали в город Ленинск. В 1960-х гг. – 1970-х гг. в микрорайоне “Даманский” построены пятиэтажные кирпичные дома. К концу 1970-х гг. в Ленинске было 70 тыс. жителей. Город разрастался: в 1980-х гг. в связи с развитием космической программы “Энергия – Буран” в Ленинск приезжали специалисты из всех республик СССР. К 1990 г. жилищное строительство в Ленинске в основном закончилось, жилой фонд составил 360 многоэтажных домов общей площадью более 1 млн м², численность населения города достигла 140 тыс. Тяжелые времена для космодрома и города настали в 1991–1992 гг., после распада СССР. Число космических запусков резко сократилось, многие офицеры и работники промышленности предпочли уехать со своими семьями. Неясен был и статус космодрома, оказавшегося на территории суверенного Казахстана, его эксплуатацию фактически осуществляла Рос-



Запуск РН “Союз-ФГ” с разгонным блоком “Фрегат” и ИСЗ дистанционного зондирования “Канопус-В”. Стартовая площадка № 31 космодрома Байконур. 22 июля 2012 г.

сия. В 1994 г. был подписан договор об аренде космодрома. Город стал постепенно восстанавливаться, а потом и развиваться. Сейчас население города составляет 60 тыс. человек.

За прошедшие 60 лет с Байконура стартовали 1432 ракеты-носителя (1299 успешно) с космическими аппаратами 142 типов и их модификации, в том числе 34 автоматические межпланетные



Четырехступенчатая РН "Протон-М" с разгонным блоком "Бриз-М" на стартовой площадке № 81. 2014 г.

станции. К ним относятся испытательные полеты различных КА, военные и экспериментальные спутники серии "Космос", "Зенит" и "Око", метеорологические серий "Метеор", "Метеор-3М" и "Электро", связи и телерадиовещания "Молния", "Экран", "Радуга", "Луч", "Горизонт", "Экспресс" и "Ямал", навигационные спутники "Ураган" и "Глонасс-М и -К", дистанционного зондирования "Ресурс", мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций "Канопус-В", геодезические "Эталон", биологические "Бион", технологические "Фотон", научные

"Протон", "Гранат", "Прогноз", "Астрон", "Гамма", "Рентген", "Радиоастрон" и "Рэлек", автоматические межпланетные станции "Луна", "Венера", "Зонд", "Марс", "Вега" и "Фобос". Кроме ракет-носителей из шахтных пусковых установок и наземных площадок запущено 1173 боевые ракеты. По количеству запусков лидирует 1987 г. – 48, 1982 г. – 44, 1968 г. – 40. Такая напряженная деятельность была характерна в то время только для Байконура.

За годы, прошедшие после полета в космос Ю.А. Гагарина, с Байконура было запущено 132

пилотируемых корабля (124 серии "Союз" разных модификаций). На них полетели 208 человек – 119 советских и российских космонавтов, 89 астронавтов из 30 стран. С 1971 г. экипажи кораблей работали на 6 советских орбитальных станциях "Салют" и "Алмаз", многомодульных пилотируемых комплексах "Мир" и МКС. Сейчас все пилотируемые полеты выполняются только с космодрома Байконур.

На космодроме испытано 38 основных типов ракет-носителей легкого, среднего, тяжелого и сверхтяжелого классов и их модификации: "Вос-

ток”, “Молния”, “Космос”, “Космос-2, - 3 и -3М”, “Циклон”, “Циклон-2 и -3”, “Союз”, “Союз-2”, “Протон”, “Протон-М”, “Днепр”, “Зенит”, “Зенит-2 и -3SL”, “Энергия”, “Н-1” (не завершила испытания). Более 130 МБР легкого и тяжелого классов Р-7А, Р-9 и Р-9А конструкции С.П. Королёва, Р-16, Р-16У, Р-36, Р-36орб, Р-36М, Р-36М2 “Воевода” конструкции М.К. Янгеля и В.Ф. Уткина, УР-100 и УР-200 конструкции В.Н. Челомея стали основной стратегической военной мощи страны.

Первые старты с Байконура выполнили следующие ракеты-носители:

10 октября 1960 г. – четырехступенчатая “Молния” (площадка № 1),

22 декабря 1960 г. – трехступенчатая “Восток” (площадка № 1),

18 августа 1964 г. – легкая “Космос” (№ 41),

16 июня 1965 г. – двухступенчатая “Протон” (№ 81),

28 ноября 1966 г. – трехступенчатая “Союз” (№ 31),

8 апреля 1967 г. – трехступенчатая тяжелая “Протон-К” с разгонным блоком Д (№ 81),

27 октября 1967 г. – среднего класса “Циклон” (№ 90),

19 января 1968 г. – двухступенчатая “Космос-3М” (площадка № 132),

21 февраля 1969 г. – пятиступенчатая сверхтяжелая “Н-1” (№ 110),



Монтажно-испытательный корпус РН “Энергия” и КК “Буран” на площадке № 112 космодрома Байконур.

25 октября 1974 г. – трехступенчатая “Союз-У” (№ 31),

24 июня 1977 г. – трехступенчатая “Циклон-3” (№ 32),

22 октября 1985 г. – трехступенчатая “Зенит” (№ 45),

15 мая 1987 г. – универсальная сверхтяжелая “Энергия” (№ 250),

15 ноября 1988 г. – “Энергия” с орбитальным кораблем “Буран” (№ 110),

21 апреля 1999 г. – конверсионная “Днепр” (№ 190),

7 апреля 2001 г. – тяжелая “Протон-М” с разгонным блоком “Бриз-М” (№ 81),

27 декабря 2006 г. – среднего класса “Союз-2” с разгонным блоком “Фрегат” (№ 31),

28 апреля 2008 г. – трехступенчатая “Зенит-3SLБ” с разгонным блоком ДМ-SLB (№ 45).

Это не только хронология событий, но и новые технологии, замыслы, свершения. Растущие масштабы деятельности потребовали сложной инфраструктуры.

Главные объекты космодрома (6717 км²) – технические позиции, стартовые комплексы и измерительные пункты. Каждый из них – совокупность сооружений с общетехническим, специально-технологическим оборудованием, а также с подъездными путями, обеспечивающими прием, хранение и сборку ракет-носителей и космических аппаратов, их испытания, заправку космических аппаратов и стыковку с ракетой, доставку их на стартовый комплекс, испытание, заправку ракет, наведение, запуск и контроль функционирования ракеты и космического аппарата на

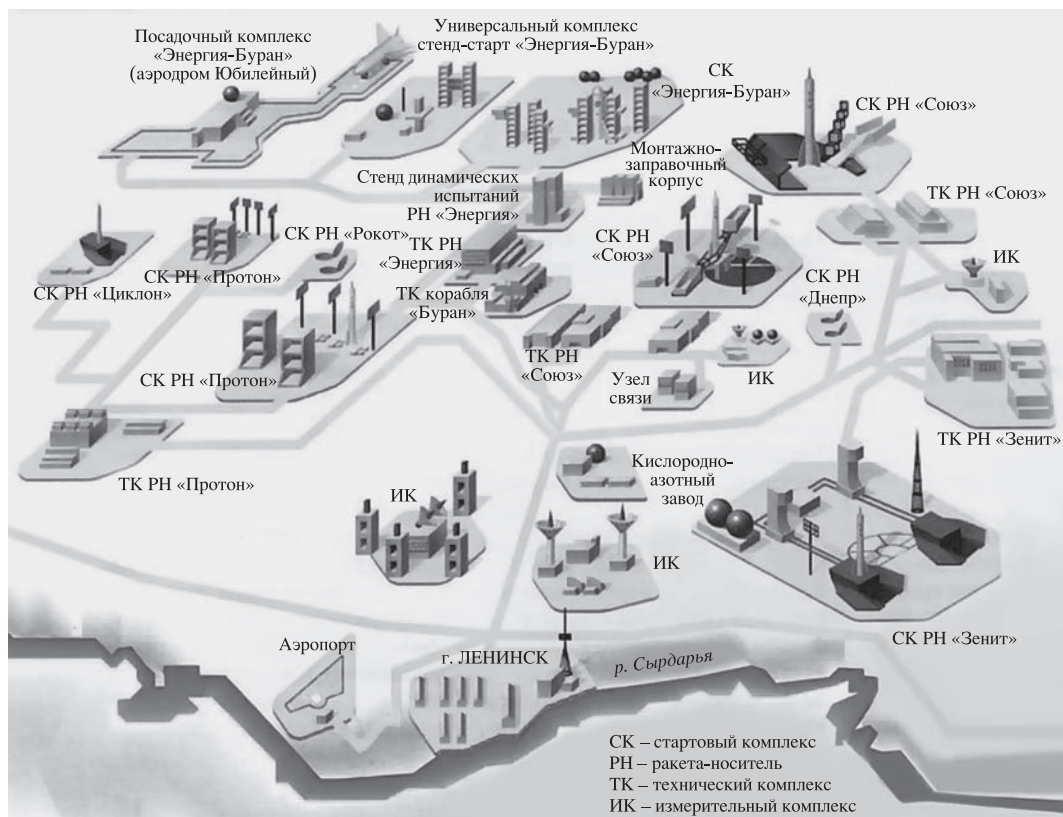


Схема стартовых комплексов и других сооружений на космодроме Байконур.

активном участке средствами измерительного комплекса космодрома. К вспомогательным и обслуживающим объектам и службам Байконура относятся зоны хранения компонентов топлива, заводы для производства жидкого кислорода и азота, системы энергоснабжения, водоснабжения, связи, телевидения.

На космодроме построено и эксплуатируется 52 стартовых сооружения 18 типов, 34 технических комплекса, 3 вычислительных центра, 16 стационар-

ных, 3 подвижных наземных и 4 самолетных измерительных пункта, кислородно-азотный завод производительностью до 300 т криогенных продуктов в сутки, 2 механосборочных завода, аэродромы "Крайний" и "Юбилейный", 5 посадочных площадок, 92 узла связи, ТЭЦ мощностью 80 МВт, 2 энергопоезда, метеостанция, ионосферная станция. В настоящее время инфраструктура Байконура состоит из стартовых комплексов 9 типов в составе 15 установок для за-

пусков ракет-носителей; 4 установок для испытаний МБР; 11 монтажно-испытательных корпусов, в которых размещены 34 технических комплекса; 3 станций для заправки топливом космических аппаратов и разгонных блоков; измерительного комплекса с современным информационно-вычислительным центром для контроля и управления полетом ракет и обработки телеметрической информации.

Но основная ценность космодрома – люди. Об их высоком научно-ин-



Байконур с высоты птичьего полета. 2014 г.

теллектуальном потенциале свидетельствуют следующие факты: выполнено около 3 тыс. научно-исследовательских работ, внедрены 1500 изобретений и более 20 тыс. рационализаторских предложений, защищены 3 докторские и 200 кандидатских диссертаций. Девяти труженикам Байконура присвоено звание Героя Социалистического Труда. Первым этого звания на Байконуре был удостоен в 1957 г. полковник А.И. Носов.

Сотни военнослужащих и гражданских специалистов космодрома отмечены государственными наградами.

Начальниками космодрома Байконур были полковники А.Г. Захаров (1960–1965) и А.А. Курюшин (1965–1973), генерал-лейтенанты В.И. Фадеев (1973–1978), Ю.Н. Сергунин (1978–1983), Ю.А. Жуков (1983–1989), А.Л. Крыжко (1989–1992), А.А. Шумилин (1992–1997), Л.Т. Баранов (1997–2007). В 2009–

2014 гг. руководил деятельностью космодрома Е.Н. Анисимов, сейчас – М.Ю. Варданян.

С момента своего образования космодром входил в структуру Министерства обороны СССР – Ракетные войска стратегического назначения, Военно-космические силы. К 2009 г. российские военные покинули Байконур, космодром полностью передан Роскосмосу (этот процесс поэтапно шел с 1997 г.). В соответствии с Догово-

вором аренды комплекса Байконур между правительствами Российской Федерации и Республики Казахстан, подписанным 20 декабря 1994 г., его использование осуществляет Роскосмос (стоимость аренды 115 млн долларов в год сроком на 20 лет с дальнейшей пролонгацией). После 2018 г. предполагается перенос пилотируемых стартов на российский космодром Восточный в Амурской области. Таким образом, в 2020–2040 гг. с Байконура будут запускаться

космические аппараты только с помощью ракет-носителей “Союз-2”. К 2030 г. 90 % запусков Россия будет проводить с собственных космодромов – Плесецк и Восточный, доля Байконура упадет до 10%. По одной из версий, после 2050 г. космодром реконструируют в международный центр космических полетов совместно с Европейским и Израильским космическими агентствами.

Космодром Байконур стал символом космиче-

ского века. За последние 10 лет с Байконура осуществлено 70% всех запусков в России. По их числу он до сих пор занимает в мире лидирующие позиции. Дело, начатое первыми испытателями космодрома Байконур, продолжают их дети и внуки. Пройдут годы, но даты космических свершений, имена испытателей и создателей ракетно-космической техники останутся в благодарной памяти человечества.

С.А. ГЕРАСЮТИН

Информация

Проект “Миллиметрон”

В сентябре 2015 г. в подмосковном Пущино прошла конференция, посвященная научной программе российской космической обсерватории “Миллиметрон” (см. стр. 1 обложки), над которой трудится коллектив Астрокосмического центра Физического института имени П.Н. Лебедева РАН (АКЦ ФИАН). Специалисты ОАО “Информационные спутниковые системы” им. М.Ф. Решетнёва изготавливают опытные образцы и макеты составных частей будущей обсерватории. Проект “Миллиметрон” включен в Федеральную космическую программу, он разрабатыва-

ется под руководством академика Н.С. Кардашёва и считается продолжением и развитием проекта космического радиотелескопа “Радиоастрон” (“Спектр-Р”), который успешно работает уже четыре года на околоземной орбите совместно с 40 российскими и зарубежными наземными радиотелескопами (Земля и Вселенная, 2015, № 6). Более детально характеристики “Миллиметрона” представлены на сайте обсерватории (<http://millimetron.ru/>).

“Миллиметрон” в отличие от “Радиоастрона” будет работать в другом диапазоне длин волн (0,2–17 мм), что позволит достичь значительно более высокого углового разрешения, особенно в режиме интерферометра. Для обеспечения работы 10-м зеркала телескопа в миллиметровом диапазоне длин волн необходима высокая точность его отражаю-

щей поверхности – отклонения от своей идеальной формы не должны превышать 10 мкм. Зеркало и аппаратура должны охлаждаться до температуры, близкой к абсолютному нулю (4,5 К), поэтому система тепловых экранов и криозэкрэн защитят телескоп от солнечного излучения. Высокочувствительные приемники сигнала охлаждаются жидким гелием до температуры около 0,1 К. Предполагается, что телескоп сможет работать как в режиме одиночного телескопа с угловым разрешением 3–5”, так и в составе интерферометра с наземными телескопами, в этом случае разрешение может достичь долей микросекунды при изучении наиболее компактных и ярких объектов, процессов вблизи черных дыр.

Как ожидается, “Миллиметрон” сможет “разглядеть” слабо излучающие и

холодные объекты (далекие галактики, газопылевые комплексы, области звездообразования), пульсары, ближайшие окрестности черных дыр и исследовать происходящие в них процессы, “увидеть” как формируются звезды и экзопланеты, уточнить природу темной энергии. На сравнительно длинных волнах (1–3 мм) действует очень мощный источник – реликтовое из-

лучение, почти равномерно заполняющее всю небесную сферу. Небольшой размер эффективной апертуры “Миллиметра” по сравнению с наземными телескопами не позволит преодолеть негативное влияние реликтового излучения и значительно ограничивает эффективность фотометрии. Ученые высказали мнение, что для данного диапазона следует оставить

только задачи спектроскопии, где у “Миллиметра” сохраняются преимущества перед наземными телескопами.

Участники конференции выразили надежду, что подготовка научной программы “Миллиметр” и дальше будет успешно развиваться.

Пресс-релиз ФИАН,
9 сентября 2015 г.

Информация

Поиски гравитационных волн

Через 100 лет с момента появления первого предположения о существовании гравитационных волн, выдвинутого А. Эйнштейном в рамках его Общей теории относительности (ОТО), их поиск в течение 11 лет закончился неудачей. С этой целью группа астрономов во главе с доктором Райаном Шэнноном (CSIRO и Международный центр ра-

диоастрономических исследований) использовала высокоточный телескоп Парк Государственного объединения научных и прикладных исследований (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO) Австралии. Гравитационные волны остаются единственным неподтвержденным прогнозом, сделанным в рамках этой теории. В поисках волн научная команда проводила слежение за миллисекундными пульсарами. Эти крохотные остатки звезд испускают потоки регулярных радиоимпульсов и могут быть использованы в качестве “космических часов”. Ученые регистрировали времена прибытия сигналов, идущих от пульсаров, с

точностью до десяти миллиардных долей секунды. Когда гравитационная волна проходит между Землей и пульсаром, она, сжимая и растягивая пространство, изменяет расстояние между этими объектами примерно на 10 м. Это изменение оказывает влияние на времена прибытия к Земле импульсов, идущих от пульсара.

Почему же гравитационные волны до сих пор не обнаружены? Ученые склоняются к тому, что основной причиной является то, что черные дыры объединяются слишком быстро, поэтому излучение гравитационных волн происходит мгновенно.

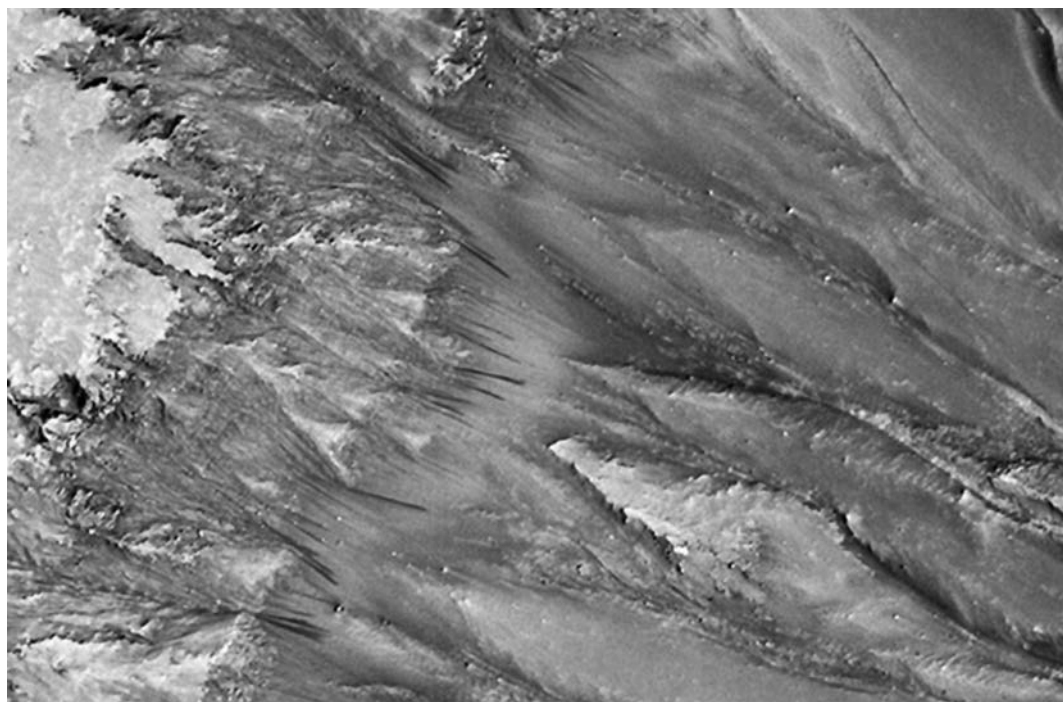
Журнал “Science”,
25 сентября 2015 г.

Жидкая вода на Марсе

Более 14 лет на фотографиях Марса планетологи замечают многочисленные образования, напоминающие водоемы – русла рек, оползни и селевые потоки, берега озер и морей (Земля и Вселенная, 2003, № 3, с. 31–32; 2004, № 4, с. 109–111; 2006, № 2; 2007, № 5,

с. 19–22; 2008, № 4; 2012, № 2, с. 110–111). Темные длинные полосы-ручьи нашли в южном высокогорье и с тех пор найдены по всей экваториальной области планеты, в частности, в глубоких оврагах. Их назвали рекуррентными наклонными линиями (Recurring Slope Linea, RSL), которые начинаются на склонах холмов и кратеров, но не доходят до подножия. Обычно они изменяются в зависимости от времени года – появляясь в теплый сезон, становясь шире и увеличиваясь в размерах летом, в холодный сужались в несколько раз, исчезая зимой. Длительные исследования загадочных образований сделаны по снимкам

и данным спектрального анализа химического состава марсианского грунта, переданных АМС “Марсианский орбитальный разведчик” (“Mars Reconnaissance Orbiter”, “MRO”; Земля и Вселенная, 2005, № 6, с. 56). В 2010 г. “MRO” сфотографировала темные полосы на склоне кратера Хоровица (диаметр 64,9 км) в Земле Сирен (Terra Sirenum), напоминающие следы ручьев. В апреле 2015 г. следы просачивания жидкой воды обнаружены на склонах кратера Гарни в каньоне Мелас (Melas Chasma). В августе 2015 г. на снимках “MRO” замечены линии длиной сотни метров, оставленные стекающей жидкостью на склонах



Один из районов Марса с явными следами текущей воды. Снимок получен 10 сентября 2015 г. с помощью камеры высокого разрешения АМС “Марсианский орбитальный разведчик”. Фото NASA.

Карпат каньона Долины Маринера (Valles Marineris; см. стр. 2 обложки, внизу). Химический анализ этих линий и полос показал, они созданы потоками соленой воды.

Ученые определили, что 4 млрд лет назад на планете были моря и озера, которые высохли. Известно, что на Марсе есть водяной лед в полярных шапках и под поверхностью, но подтвердить существование воды в виде жидкости не удалось. Сейчас планетологи выяснили, что вода стекает с гор и холмов в летнее

время, когда максимальная температура у экватора может достигнуть +21 °С. Она смешивается с перхлоратами и солями хлорной кислоты. Соединение воды и соли образует соляной раствор с температурой замерзания –40 °С и даже ниже, то есть чем у воды без примесей. Полосы образуются из-за соляных отложений, которые после себя оставляют потоки. Возможны три источника жидкой воды на марсианской поверхности: во время влажных сезонов она поступает из атмосфе-

ры за счет перхлоратов; получается при соприкосновении подземного льда и солей; в некоторых районах может располагаться водоносный горизонт или она удерживается в трещинах. Остаток гидратированных солей означает, что жидкая вода появилась недавно. На древнем Марсе существовали необходимые условия для микробов, возможно и сейчас микроорганизмы населяют его соленые воды.

Пресс-релиз NASA,
29 сентября 2015 г.

Информация

Детали эволюции массивных галактик

Международная группа астрономов, возглавляемая учеными из Швейцарской высшей технической школы Цюриха, в течение 200 ч наблюдали группу из 24 массивных “мертвых” галактик во Вселенной через 2,7 млрд лет после Большого взрыва с помощью инструмента MOIRCS (Multi-

Object InfraRed Camera and Spectrograph – инфракрасная камера и спектрограф) 8,2-м телескопа “Субару” Японской астрономической обсерватории (Мауна-Кеа, Гавайи). Они обнаружили, что звездный состав этих галактик имеет удивительное сходство с массивными эллиптическими галактиками в местной Вселенной, а также галактики-предшественницы “мертвых” галактик, производящие звезды в более раннюю эпоху. В результате открыты подробности формирования и эволюции массивных галактик в течение почти 11 млрд лет.

В местной Вселенной массивные галактики, в ко-

торых содержится свыше 100 млрд звезд, преимущественно “мертвые”, в которых не наблюдается звездообразования. Локальные массивные “мертвые” галактики возрастом около 10 млрд лет обогащены тяжелыми элементами. Кроме того, в этих галактиках много альфа-элементов, состоящих из ядер гелия (например, O, Mg, Si, S) и определяющих продолжительность звездообразования, что указывает на то, что они произвели небольшое число звезд за небольшой промежуток времени.

Журнал “The Astrophysical Journal”,
26 сентября 2015 г.

Метеоспутник-обсерватория

27 февраля 2014 г. с японского космодрома Танэгасима успешно стартовала ракета-носитель “Н-2А”, которая вывела на орбиту новый международный метеорологический спутник-обсерваторию “Global

Precipitation Measurement satellite” (“GPM-C”; спутник глобального измерения осадков). Спутник разработан специалистами Японского аэрокосмического агентства (JAXA) и NASA в рамках проекта по созданию новой глобальной системы наблюдения за погодой, которая предусматривает запуск 13 подобных спутников. Аппарат массой 3850 кг выведен на круговую орбиту высотой 400 км, его оснастили системой из 250 радиолокационных антенн для получения объемных изображений облачности.

Установленные на спутнике микроволновый формирователь изображений (GMI) и двухчастотный радар осадков (DPR) в реальном времени отслеживают состояние погоды, собирают каждые 2,5 ч и анализируют данные о выпадении осадков по всему земному шару (более 90% территории). На основе полученной информации метеорологи могут предсказывать возникновение опасных тропических циклонов. Прибор GMI определяет интенсивность и горизонтальное распространение осадков,



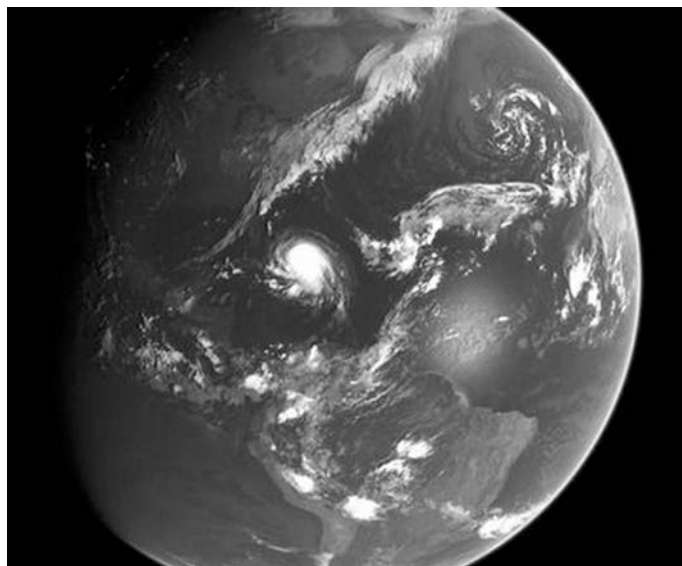
Международный метеорологический спутник-обсерватория “GPM-C” и другие метеоспутники на околоземной орбите. Рисунок NASA.

DPR – структуру облаков. Спутник-обсерватория сканирует строение облаков и тайфунов, передает изображения в трехмерной графике. Благодаря метеоспутнику ученым удалось получить стереоснимки осадков в циклонах, возникающих у побережья США.

В программе задействованы JAXA, NASA, метеорологические и спутниковые системы Европы (EUMetsat), Франции (CNES) и Индии (ISRO).

С помощью спутника-обсерватории “GPM-C” уже получены трехмерные изображения и данные об осадках нескольких ураганов.

Пресс-релиз NASA,
2 октября 2015 г.



Глобальное изображение Земли, полученное 1 октября 2015 г. спутником-обсерваторией “GPM-C”. В центре – облачная система урагана Хоакин над Атлантическим океаном. Фото NASA.

Информация

Продолжение исследований кометы Чурюмова – Герасименко

С 6 августа 2014 г. АМС “Розетта” (ESA) сопровождает комету Чурюмова – Герасименко, вместе с нею двигаясь к перигелию и наблюдая постепенно растущую активность ядра (Земля и Вселенная, 2015, №№ 1, 4). Сопровождая комету, станция пролетела около 750 млн км по гелиоцентрической орбите. Под влиянием все более мощного солнечного облучения

льды ядра кометы сублимировали, формируя газовые струи и увлекая за собой пыль и обломки, образуя тем самым кому и хвост. В момент прохождения перигелия 13 августа 2015 г. на расстоянии 186 млн км от Солнца и в первые недели после него активность кометы достигла своего максимума. На снимках, полученных навигационной камерой и камерой высокого разрешения OSIRIS, видны многочисленные струи газа и пыли, истекающие из ядра. Например, на снимке, сделанном 12 августа 2015 г., запечатлена мощная вспышка активности. Во время выброса зафиксированы изменения в составе комы кометы: уровень углекислого газа в коме вырос в

два раза, содержание метана увеличилось в четыре раза, сероводорода – в семь раз, концентрация молекул воды осталась неизменной.

Согласно данным, полученным “Розеттой”, сейчас, вблизи перигелия, с кометы испаряется около 300 кг водяного пара в секунду, что в тысячу раз больше, чем год назад – в августе 2014 г. Кроме газов и водяного пара, с ядра выбрасывается пыль и крупные обломки до 4 м. По оценкам исследователей, темпы потери пыли достигают 1000 кг/с. Обилие обломков в окрестностях кометы, двигающихся со скоростью несколько десятков сантиметров в секунду, представляет серьезную опасность для космического аппарата. В течение неде-



Мощный выброс вещества с ядра кометы Чурюмова – Герасименко. Спустя 14 ч зафиксирован рост частиц пыли со скоростью до 30 м/с. Снимок сделан 29 июля 2015 г. камерой OSIRIS AMC “Розетта” с расстояния 186 км от кометы. Фото ESA.

ли перед прохождением перигелия расстояние между “Розеттой” и кометой менялось в пределах 325–340 км. При попытках подойти ближе многочисленные осколки выводили из строя звездные датчики AMC, приводившие к потере ее ориентации. Общее увеличение темпов дегазации и оттока пыли сопровождалось отдельными вспышками активности и усилением струй газа и пыли, истекающих из ядра. Кроме того, наблюдения с помощью камеры высокого разрешения OSIRIS позво-

лили обнаружить быстрые изменения, происходящие на поверхности кометы в области Имхотеп.

13 июня 2015 г. посадочный аппарат “Филы” (“Philae”), находящийся на ядре кометы Чурюмова – Герасименко с 12 ноября 2014 г., вышел на связь после 211-суточного пребывания в состоянии гибернации, вызванной разрядом аккумуляторной батареи. Во время первого сеанса связи, длившегося 85 с, зонд передал более 300 информационных пакетов с телеметрической информацией

(663 кбит). Анализ телеметрии показал, что аппарат находится в хорошем техническом состоянии, его бортовые системы не деградировали после полугода промерзания. 14 июня “Филы” снова вышел на связь, сеанс длился всего несколько секунд.

В сентябре 2015 г. с расстояния несколько сотен километров от “Розетты” струи газа и пыли с кометы сливались друг с другом и создавали запутанный узор. Снимки камеры OSIRIS позволили проследить отдельные струи до места их образования. Как оказалось, газовые джеты бьют из необычных округлых структур на поверхности ядра кометы, напоминающих колодцы шириной от нескольких десятков до нескольких сотен метров и глубиной до 210 м. Обнаружено 18 таких образований, некоторые из них оставались все время активными. Стенки “колодцев” отличаются разломами, террасами, вертикальными бороздами и шаровидными структурами, называемыми “гусиной кожей”. Активные “колодцы” наиболее глубоки, на их дне видны отдельные валуны, упавшие со стенок – по-видимому, они были активны в недавнем прошлом. Наконец, старые “колодцы” выглядят почти полностью засыпанными пылью.

Пресс-релизы ESA,
14 июня, 15 августа,
20 сентября и
5 октября 2015 г.

Дорогие читатели!

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

(I полугодие 2016 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 и геофизики С.А. Герасюгин

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

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректор Г.В. Печникова

Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 11.11.2015. Подписано в печать 26.12.2015. Дата выхода в свет 13.01.2016

Формат 70 × 100¹/₁₆ Цифровая печать

Уч.-изд.л. 12,3 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отг. 2,5 тыс. Бум.л. 3,5

Тираж 263

Зак. 815

Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

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

Телефоны: (499) 238-42-32, 238-29-66

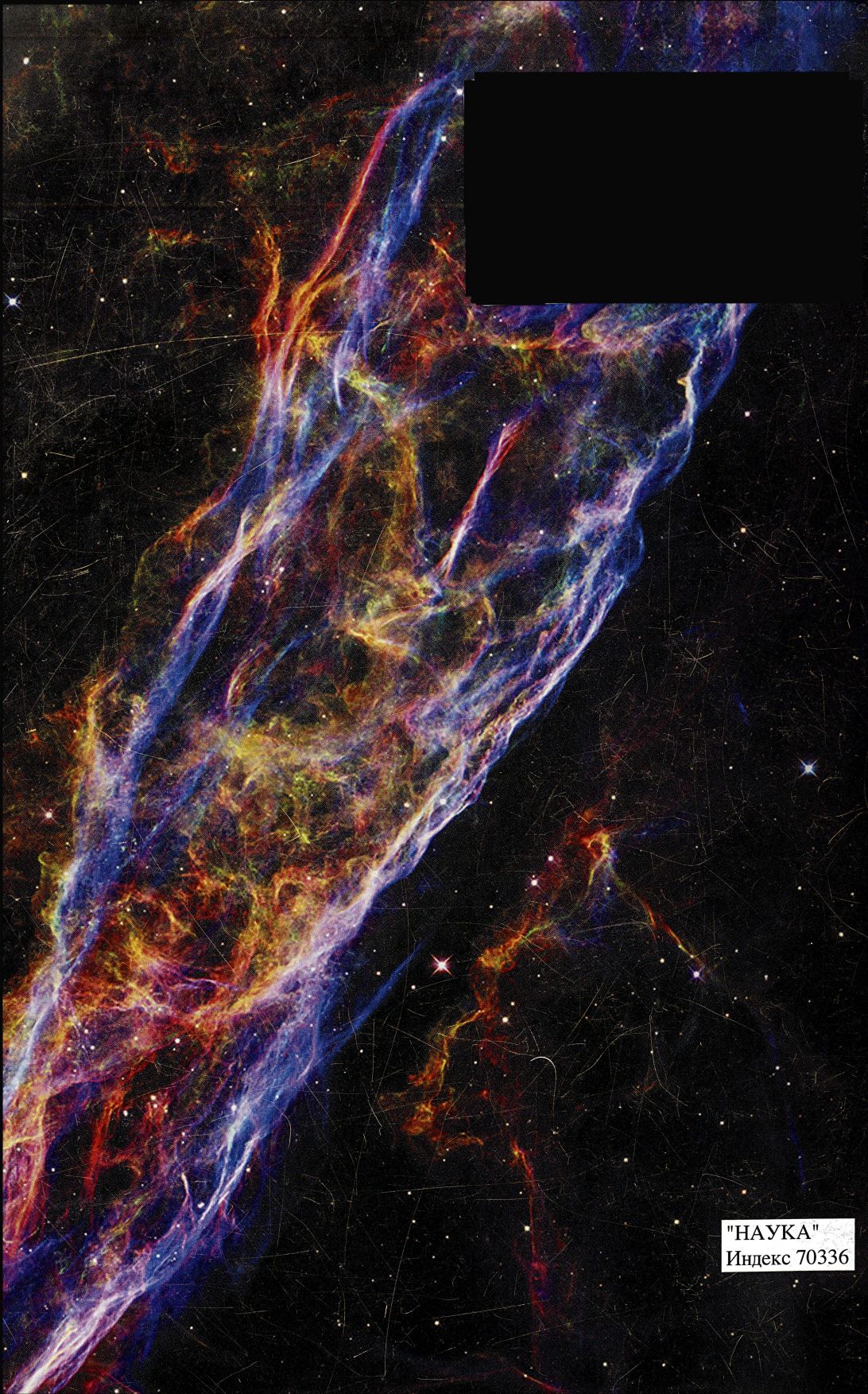
E-mail: zevs@naukaran.ru

Оригинал-макет подготовлен издательством «Наука» РАН

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»,

121099 Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"
Индекс 70336