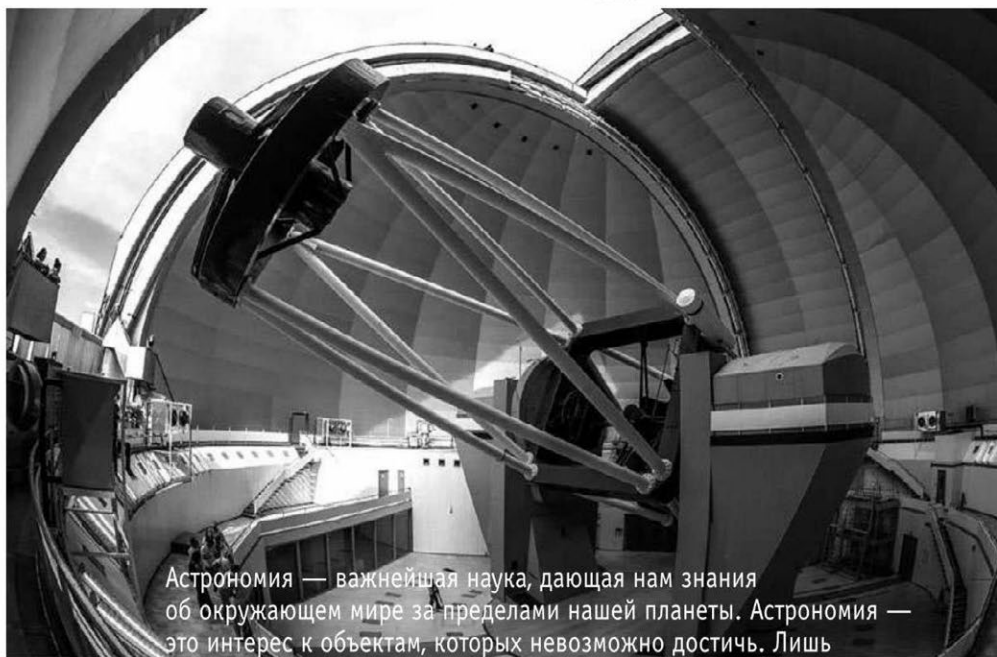


*Юрий Балега,
Борис Шустов*

Астрономия в России —

сегодня
и завтра



Астрономия — важнейшая наука, дающая нам знания об окружающем мире за пределами нашей планеты. Астрономия — это интерес к объектам, которых невозможно достичь. Лишь до ничтожной части

из них мы дотянулись с помощью космических аппаратов, а на один даже ступала нога человека.

Но что это по сравнению с миллиардами других космических объектов?

Между тем, астрономия и ее младшая сестра — астрофизика позволили нам узнать многое о самых разных объектах, заполняющих Вселенную.

Как относились к астрономии 100 лет назад? С величайшим уважением. Это отразилось в создании в июле 1919 года Международного астрономического союза (МАС), призванного координировать усилия тогдашних астрономов. СССР, а позже Россия долгое время играли ведущую роль в астрономических и астрофизических исследованиях. СССР был достойно представлен в МАС.

О том, каково нынешнее состояние астрономических и астрофизических исследований в России и каковы перспективы развития отечественной астрономии и астрофизики, рассказывают **Юрий Балега** и **Борис Шустов**. Мы представляем сокращенный вариант их доклада, зачитанного на научной сессии Отделения физических наук РАН 19 ноября 2018 года.

Развитие страны в значительной мере определяется ее научным потенциалом, а он зависит от состояния фундаментальной науки. Астрономия — одна из фундаментальных наук, и поэтому она хороший индикатор общего развития страны. В России астрономия имеет славные традиции, в XIX веке у нас даже была «астрономическая столица мира». Во времена СССР БТА, или «Большой телескоп азимутальный» с зеркалом диаметром 6 метров, лидировал среди наземных оптических телескопов, а космический ультрафиолетовый телескоп «Спика» с зеркалом диаметром 80 сантиметров был крупнейшим в космосе.

Но мир меняется, и планировать будущее нужно, трезво оценив текущее состояние и наметив перспективные и реальные пути развития. На данный момент состояние российской астрономии нельзя назвать удовлетворительным. Особенно остро это чувствуется в наземной астрономии. Как и многие другие фундаментальные исследования, астрономия нуждается в поддержке государства. Причем кроме государственных источников в развитых странах есть существенное финансирование со стороны бизнеса. Хороший пример — два десятиметровых телескопа Кека на Гавайях, построенных при весьма серьезном, финансовом вливании со стороны мецената У. М. Кека. Российские меценаты как-то уж очень скромничают. В общем, в течение нескольких десятков лет поддержка астрономических исследований была явно недостаточной, и лишь в последнее время ситуация, кажется, начинает понемногу меняться.

Балега Юрий Юрьевич, академик, вице-президент РАН, научный руководитель Специальной астрофизической обсерватории РАН.

Шустов Борис Михайлович, член-корреспондент РАН, научный руководитель Института астрономии РАН, вице-президент МАС.

Астрономические исследования ведут в России 34 научных учреждения, часть из них специализированные, часть имеют астрономические подразделения. Во многих вузах есть астрономические исследовательские структуры и специализированные кафедры. Общая численность исследователей-астрономов — 1400 человек, из них около 20 процентов — доктора наук, 35 процентов — кандидаты. Еще есть одна тысяча физиков, математиков, а в последние годы — биологов, химиков, геологов, специалистов в информатике, занимающихся исследованиями, смежными с астрономическими.

Неплох показатель у российских астрономов, членов Международного астрономического союза (МАС), показатель продуктивности научной работы, определяемый как среднее количество публикаций на человека в рецензируемых изданиях в год: в России — 2,3, в США — 2,3, Германии — 3,9, Китае — 2,0, Японии — 1,6. Однако по всему астрономическому сообществу страны уровень публикационной продуктивности не столь высок — менее одной статьи на человека в год. Важный показатель — цитируемость научных работ российских астрономов. Среднее количество ссылок на работы российских астрономов — 0,8 в год. Средний показатель для работ авторов из США, Германии, Англии — 2,1, Японии — 1,7, Китая — 0,8.

Общий годовой бюджет российской астрономии примерно равен 2,2 миллиарда рублей, то есть на одного исследователя-астронома в год приходится около 1,6 миллионов рублей, по косвенным оценкам, в десять раз меньше, чем в США. Эта диспропорция обусловлена не столько разницей в зарплатах (в несколько раз), сколько разницей в затратах на технологии и обеспечение исследований.



*Большой телескоп
азимутный*

Из 34 астрономических исследовательских структур России 27 имеют собственную инфраструктуру для проведения наземных астрономических наблюдений. Это оптические телескопы, радиотелескопы, полигоны, специальные аппаратные комплексы и другое. Объектов со статусом Уникальная научная установка имеется 11, часть из них — «Центры коллективного пользования». Это немало, однако в последние несколько десятков лет в России развитие наблюдательных средств астрономии почти не происходило. Последнее крупное вложение было сделано в 70-е годы прошлого века: тогда построили самый большой на то время оптический телескоп БТА и кольцевой радиотелескоп РАТАН-600 диаметром 600 метров. Сегодня БТА замыкает вторую десятку работающих в мире инструментов. Недавно было проведена ре-

ставрация главного зеркала телескопа, но качество выполненных работ пока не определено. В ряду оптических телескопов с апертурой крупнее 2 метров, кроме БТА, работают 2,6-метровый телескоп Крымской астрофизической обсерватории РАН, 2,5-метровый телескоп Кисловодской обсерватории МГУ имени М. В. Ломоносова и 2-метровый телескоп совместной российско-украинской обсерватории на пике Терскол. Общая площадь зеркал российских телескопов составляет около 42 квадратных метров или 3 процента от площади зеркал оптических телескопов в мире. Еще есть две сети малоапертурных (50 сантиметров) телескопов: роботизированная сеть «Мастер» (ГАИШ МГУ имени М. В. Ломоносова), основная за-

*Телескопы
Кека
на Гавайях*





Радиотелескоп РАТАН-600



Комплекс КВАЗАР

дача которой — наблюдения источников гамма-всплесков, и сеть ISON (ИПМ РАН), основная задача которой — контроль околоземного космического пространства в зоне геостационарной орбиты. Обе сети эпизодически используются также для наблюдения малых тел Солнечной системы.

Аналогичная картина с наземными российскими радиотелескопами, предназначенными для астрономических исследований. РАТАН-600, РТ-22 и другие инструменты в состоянии выполнять отдельные задачи, но не являются участниками исследова-

ний «переднего края». Созданный в последние два десятилетия радиоинтерферометрический комплекс КВАЗАР используется, главным образом, для координатно-временного обеспечения страны. В стране нет ни одного современного радиотелескопа миллиметрового диапазона, тем более интерферометра миллиметрового диапазона, а это сейчас основные средства наблюдательной астрономии.

Но есть четыре хорошие новости. Запущен 2,5-метровый оптический телескоп в Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ имени М. В. Ломоносова. Он будет важным средством для подготовки научных кадров, хотя его наблюдательные возможности весьма скромны. Начато создание Сибирского гелиогеофизического комплекса. В частности, проектируется гигантский по современным критериям 3-метровый солнечный телескоп для обсерватории в Мондах. Появился первый крупный (1,6-метровый) российский обзорный оптический телескоп АЗТ-

33 ВМ, по параметрам сравнимый со знаменитым обзорным телескопом PanSTARRS (США). Но телескоп АЗТ-33 ВМ работает с эффективностью лишь 5 процентов, нет денег на полную сборку детекторов. Наконец, подписано соглашение о сотрудничестве между Россией и Узбекистаном, в списке совместных проектов — завершение строительства обсерватории миллиметрового диапазона в Суффе, с диаметром антенны 70 метров, или, как вариант, более скромного, но тоже крупного телескопа диаметром 30 метров.

Некоторое время назад была создана весьма представительная Межведомственная группа для оценки состояния астрономии в России. Она работала под руководством директора Института астрономии Б. М. Шустова. Межведомственная группа собрала и рассмотрела 18 проектов, присланных со всей России. Были представлены проекты двух типов — фундаментальные проекты и проекты, имеющие как фундаментальную, так и выраженную прикладную направленность. Фундаментальные проекты были разделены при рассмотрении на три группы.

Международные мега-проекты — доля финансового участия России составляет менее 50 процентов полной стоимости, но сумма участия более одного миллиарда рублей в год. В этом разделе первый приоритет у проекта «Участие России в Европейской Южной Обсерватории (ЕЮО/ESO)», второй — у проекта «Участие России в проекте радиотелескопа размером квадратный километр (SKA)».

Российские мега-проекты — доля участия России более 50 процентов от полной стоимости, при этом сумма участия более одного миллиарда рублей в год. Здесь первый приоритет у проекта 4-метрового оптического телескопа с широким полем зрения для постановки в Северном полушарии, второй у проекта завершения строительства 70-метрового радиотелескопа на плато Суффа.

Российские проекты среднего уровня с долей России более 50 процентов

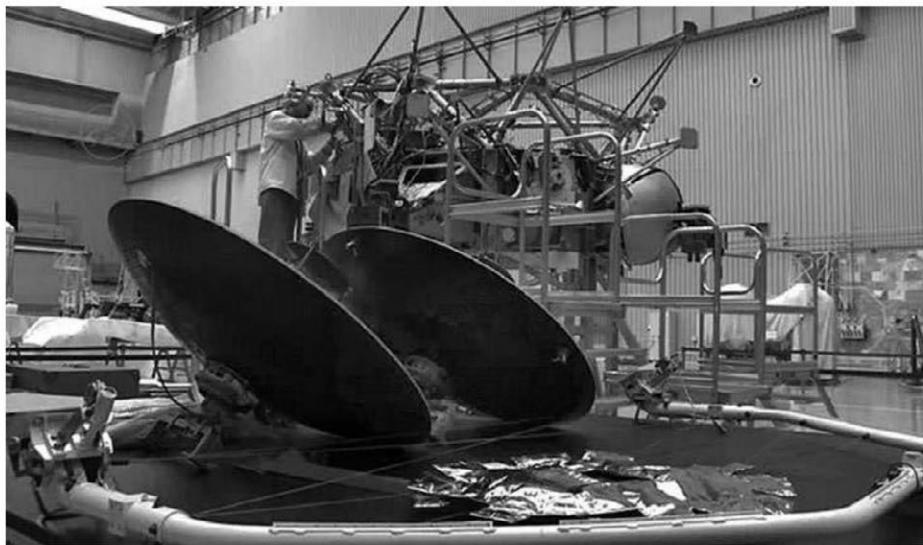
от полной стоимости, при этом сумма участия менее одного миллиарда в год. Первый приоритет у проекта нейтринного телескопа «Байкал», второй — у проекта длинноволнового радиотелескопа широкого поля зрения.

Три проекта, имеющие прикладную направленность, рекомендованы для совместного финансирования, то есть при наличии основного финансирования со стороны заинтересованных министерств и ведомств. Это создание Российской службы Солнца, создание научной наземной астрономической инфраструктуры для наземного сегмента Российской системы предупреждения и противодействия космическим угрозам и Фундаментальное и прикладное координатно-временное обеспечение России.

Теперь обратимся к внеатмосферной астрономии в России. Суть астрономического бума, отмечаемого сейчас, состоит не только в появлении мощных инструментов, но и в том, что увеличился список важнейших астрономических проблем, решение которых видится возможным в относительно близкой перспективе. Вот лишь несколько таких проблем: природа темной материи, происхождение галактик, происхождение космических лучей сверхвысоких энергий, экзопланеты и экзокометы, механизм солнечных циклов и сбоев «космической погоды», происхождение и эволюция Солнечной системы, астрономические аспекты проблемы происхождения и сохранения жизни.

Решение этих и многих других проблем возможно только при мультимедийном (мультиканальном) подходе к получению наблюдательных данных. Суть подхода, во-первых это — получение данных наблюдений в нескольких диапазонах. Не менее важен согласованный анализ этих данных. Мультиканальный подход неизбежно означает привлечение наблюдательных средств космического базирования, поскольку атмосфера пропускает излучение не во всех диапазонах.

Сейчас у нас в космосе на астрономов работает несколько аппаратов. Международная обсерватория



«ИНТЕГРАЛ», запущенная в 2002 году для изучения галактических и внегалактических объектов в жестком рентгеновском и гамма-диапазоне (энергия квантов от 3 килоэлектронвольт до 10 мегаэлектронвольт). Обсерватория продолжает успешно работать. Два аппарата для изучения космических лучей — российско-итальянский инструмент «Памела» (год запуска 2006) ежедневно передает около 15 гигабайт данных. Успешно работает инструмент «Нуклон» (2014). Обсерватория «Ломоносов» (2016) — научно-образовательный проект; его цели — изучение космических лучей сверхвысоких энергий, изучение переходных явлений в верхних слоях атмосферы Земли, одновременное изучение гамма-всплесков с помощью оптических камер и гамма-детекторов, наблюдения объектов в оптическом диапазоне в ближнем космосе.

Далее, обсерватория «Спектр-Р» (2011), или «Радиоастрон», — самый успешный отечественный проект последнего десятилетия* в области внеатмосферной астрономии. Основной инструмент интерферометра — радио-

Обсерватория «Спектр-Р»

телескоп диаметром 10 метров, рабочие частоты 0,3, 1,7, 4,8, 18–25 гигагерц. Уникально велика база интерферометра Земля-космос — до 350 тысяч километров. В кооперации работают 29 наземных радиотелескопов. За 7 лет работы было проведено около 4 тысяч наблюдений различных объектов. Получена информация о структуре далеких космических объектов с уникальным угловым разрешением — в самом высокочастотном диапазоне это 8 микросекунд дуги. (Под таким углом видна из Москвы точка на этой странице, когда нас читают на Сахалине). С этим, мягко говоря, фантастическим разрешением исследованы ядра активных галактик, пульсары, космические мазеры ОН (на длине волны 18 сантиметров) и Н₂O (на длине волны 1,35 сантиметров) в областях образования звезд в нашей Галактике, мегамазеры около сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик NGC3079 и NGC4258.

В ближайшей перспективе запуск рентгеновской обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма», или «Спектр-РГ», в июне 2019 года.

Главная задача — изучение крупномасштабной структуры Вселенной на основе «инвентаризации» пример-

* К сожалению, запущенный в июле 2011 года и проработавший семь с половиной лет вместо трех, космический радиотелескоп «Спектр-Р» 10 января 2019 года перестал принимать команды с Земли.

но 100 тысяч скоплений галактик (то есть вроде бы, всех), а также изучение роста и космологической эволюции сверхмассивных черных дыр во Вселенной на основе «инвентаризации» более трех миллионов активных галактических ядер.

Далее — запуск обсерватории «Спектр-УФ» (не ранее 2024), предназначенной для изучения эволюции Вселенной, поиска скрытой материи, изучения физики падения вещества на компактные объекты (черные дыры, нейтронные звезды, белые карлики), образования и ранней эволюции звезд и протопланетных дисков, а также атмосферы экзопланет. Есть еще несколько проектов, но они вынесены за пределы Федеральной космической программы 2016—2025 годов.

В последнее время обозначилась проблема внеатмосферной астро-

номии — сильное (в два раза!) сокращение финансирования научных проектов в Федеральной космической программе на 2020—2021 годы. Объяснения у Роскосмоса, конечно, есть, но главное заключается в том, что приоритет фундаментальных космических исследований в нашей стране, увы, невысок.

Итак, астрономия в России есть, она переживает общие для отечественной науки и страны в целом проблемы, в ряде направлений астрономических технологий есть существенное отставание от мирового уровня, и это во многом определяет уровень развития российской астрономии. В последнее время делаются некоторые шаги к улучшению ситуации в наземной астрономии. Посмотрим, каковы будут результаты.

Госкорпорация Роскосмос срезает финансирование космического телескопа «Спектр-УФ» «под ноль», заявили недавно ученые, готовящие этот долгожданный проект. В 2019 году Роскосмос предложил создателям аппарата самим добровольно сократить расходы втрое, а на 2020 год планируется сокращение в 15 раз! Такое урезание финансирования делает невозможным планировавшийся запуск телескопа в 2024 году, и вообще становится непонятно, о каком годе старта может идти речь. Участники миссии отмечают, что ее перенос не позволит выполнить обязательства перед иностранными участниками, в первую очередь — перед Испанией.

Проект «Спектр-УФ» предназначен для исследования различных объектов Вселенной в ультрафиолетовом диапазоне спектра. Предполагается, что эта космическая обсерватория будет единственным крупным инструментом для ультрафиолетовых исследований в эпоху после завершения работы космического телескопа Хаббл, срок службы которого должен закончиться примерно через два года. Запуск проекта позволит проводить спектроскопию высокого разрешения и исследовать космические гамма-всплески — выбросы энергии колоссального масштаба (Солнце выделило бы столько энергии за 10 миллиардов лет свечения), наблюдаемые в отдаленных галактиках.

Постоянные переносы космических научных миссий уже несколько лет, как стали неотъемлемой приметой российской космонавтики. Так, в январе стало известно об очередном переносе запуска долгожданной российской космической миссии «Спектр-РГ». Вообще история обсерватории «Спектр-РГ» — это история бесконечных переносов ее пуска: изначально планировалось вывести ее в космос в 2014 году. Обсерватория станет второй в серии аппаратов «Спектр» — первый такой аппарат, «Спектр-Р» с радиотелескопом «Радиоастрон» на борту, был запущен летом 2011 года, на орбите он проработал гораздо дольше назначенного срока.

Урезаниям и переносам подвергаются и другие космические проекты Роскосмоса. Уже много лет переносится первый за последние десятилетия старт автоматической станции «Луна-25» к Луне и последующих за ней запланированных экспедиций. «В 2021 году мы отправляем «Луну-25» на Луну, следующие аппараты, «Луна-26» и «Луна-27», полетят, соответственно, в 2023 и 2024 годах. В том числе, это будет отработка технологий посадки и взлета с лунной поверхности», — сказал недавно глава Роскосмоса Дмитрий Рогозин. «Луна-25» должна стать первой за более чем 40 лет российской научной миссией к Луне.