

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК: 60 ЛЕТ ПО ДОРОГЕ ОТКРЫТИЙ



Главное здание ИКИ на пересечении улиц Профсоюзной и Обручева, у площади Академика Келдыша. Фотография: ИКИ РАН

Дорогие читатели, коллеги, друзья!

Вы держите в руках первый двоянный номер 2025 года, который посвящен 60-летию Института космических исследований Российской академии наук. Я был директором ИКИ РАН в 2002–2018 гг., а сейчас являюсь его научным руководителем, поэтому эту редакторскую колонку посвящаю короткому рассказу о том, как появился ИКИ и что это за Институт сегодня.

Космическая эра началась в октябре 1957 г., и эта веха действительно открыла новую эпоху в истории земной цивилизации. Новая эпоха потребовала организации новых форм исследований космоса. В США было создано НАСА – национальное космическое агентство, а в СССР – несколько головных институтов, отвечающих за основные направления советской космической программы. Пилотируемая космонавтика после полета Ю.А. Гагарина стала «космической витриной» СССР, и первым в 1964 г. был образован знаменитый Институт медико-биологических проблем, сегодня государственный научный центр, чей юбилей мы отмечали в прошлом году. Следующим

за ним стал Институт космических исследований АН СССР, основанный согласно постановлению Совета министров СССР 15 мая 1965 г.

В 2025 г. ИКИ РАН отмечает свое 60-летие, кстати, вместе с основанным в том же 1965 г. журналом «Земля и Вселенная»¹.

Временной разрыв между 1957 и 1965 гг. не так велик и постепенно – для потомков – станет ничтожным. Но пока мы еще не так далеко отошли от этого момента и можем сказать, что этот разрыв не был случаен. В 1957 г. мало кто ожидал, что выход в космос, во-первых, состоится так скоро, и во-вторых, что он окажется столь важным для фундаментальной науки. Но уже в первые годы космической эры число научных открытий стало стремительно расти. В космической тематике работали многие коллективы, но это была хотя и большая, но разрозненная работа. Усилий разрозненных коллективов, работавших в научно-исследовательских, промышленных и образовательных организациях, оказалось

¹ О журнале см. статью Говоровой А.Ф. на с. 141.

недостаточно для систематического изучения и освоения космического пространства².

Поэтому в 1963 г. президент Академии наук М.В. Келдыш, также бывший председателем Межведомственного научно-технического совета по космическим исследованиям, написал письмо в «директивные органы страны» о необходимости нового института, который стал бы организационным и координационным центром фундаментальных космических исследований. Примечательно, что этот институт он называл «Объединенным», так как он должен был объединить различные коллективы, работавшие к тому моменту по космической тематике.

Итак, ИКИ задумывался как головная организация Академии наук по изучению и использованию космического пространства в интересах фундаментальных наук. В его задачи вменялось:

- научно-методическое руководство и обобщение результатов работ, проводимых организациями Академии наук СССР, государственных комитетов, министерств и ведомств СССР по исследованию верхних слоев атмосферы, космического пространства, Луны и планет Солнечной системы;

- разработка перспективных комплексных планов исследований космического пространства, Луны и планет Солнечной системы, изыскание путей и методов их выполнения в короткие сроки и с наименьшими затратами средств.

В разные годы Институт космических исследований возглавляли академик Г.И. Петров (1965–1973), академик Р.З. Сагдеев (1973–1988), академик А.А. Галеев (1988–2002), академик Л.М. Зелёный (2002–2018), член-корреспондент А.А. Петрукович (с 2018 г. по настоящее время).

Об истории создания ИКИ, важнейших проектах, реализованных в Институте, их основных результатах на страницах журнала рассказывалось неоднократно³. Фактически Институт принимал участие во всех крупных космических проектах нашей страны по исследованию других планет и далекой Вселенной, околоземного пространства и изучению самой Земли с помощью космических средств. Сотрудники Института непосредственно готовили и проводили научные исследования и эксперименты, получали и обрабатывали информацию с космических аппаратов, запускаемых как по национальной космической программе, начиная со спутника «Протон», так и в рамках международного сотрудничества. В одних проектах ученые и специалисты ИКИ разрабатывали и испытывали бортовые комплексы научной аппаратуры, а затем проводили исследования с их помощью, в других – занимались получением и обработкой научной информации с космических аппаратов, ее анализом и интерпретацией.

Важнейшими вехами в истории Института стали программы исследования Венеры и Марса, эксперименты на спутниках серии «Космос» и международной программы «Интеркосмос», астрофизические обсерватории «Рентген» (на станции «Мир») и «Гранат», успешная серия околоземных аппаратов «Прогноз».

ИКИ участвовал даже в программе «Союз–Аполлон», хотя в данном случае выполнял роль, скорее, «гражданской ширмы»: сотрудники ракетно-космических предприятий, работавших над этой программой, были временно оформлены на работу в ИКИ. Однако испытания легендарного нового стыковочного узла проводились на базе Института.

Чтобы рассказать обо всех этих замечательных проектах, понадобится не

² О том, как развивалась космическая наука с начала XX в. и до 1965 г., рассказывается в статье Шубина П.С. на с. 120.

³ См., например, «юбилейные» номера ЗиВ: № 5, 2015 и № 5, 2005.



Директора Института космических исследований: академик Г.И. Петров, академик Р.З. Сагдеев, академик А.А. Галеев, академик Л.М. Зелёный, член-корреспондент А.А. Петрукович

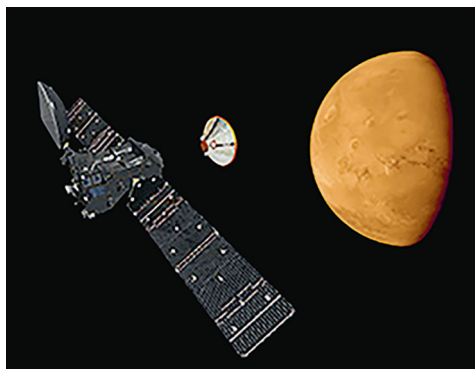
одна статья, поэтому сейчас мы сосредоточимся на «крайнем», как принято говорить, десятилетии 2015–2024 гг.⁴, попутно снабжая заинтересованных читателей ссылками на статьи в нашем журнале, где о каждой теме рассказывается более подробно и интересно.

Первое важнейшее событие обозначенной декады состоялось 14 марта 2016 г. – долгожданный старт первого этапа проекта «ЭкзоМарс» (Роскосмос/

ESA)⁵. Ракета-носитель «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» стартовала с космодрома Байконур и вывела на траекторию перелета к Марсу связку из двух аппаратов: орбитального TGO (*Trace Gas Orbiter*) и посадочного «Скиапарелли». Осенью этого же года они прибыли к Марсу. 19 октября TGO благополучно вышел на рабочую орбиту, а «Скиапарелли», к сожалению, разбился при попытке посадки. Впрочем, его основная задача состояла именно в демонстрации технологий посадки,

⁴ Так получилось, что это десятилетие практически совпадает со временем действия Федеральной космической программы 2016–2025 гг., но ФКП гораздо более обширна и включает в себя не только научный космос.

⁵ См.: Родионов Д.С., Зелёный Л.М., Кораблёв О.И. Проект «ЭкзоМарс» // Земля и Вселенная. № 3. 2016. С. 3–20.



Посадочный модуль «Скиапарелли» отделяется от ТГО. Миссия «ЭкзоМарс-2016». Изображение ESA/ATG medialab

и длительных научных наблюдений не предусматривалось.

Штатные наблюдения с помощью приборов, установленных на ТГО, начались в марте 2018 г. С тех пор аппарат успешно работает у Марса.

Проект «ЭкзоМарс» тогда существовал как российско-европейский, что означало полноценное участие России в научной программе. На аппарате ТГО установлены два научных прибора, созданные в ИКИ РАН: спектрометрический комплекс АЦС, работающий в инфракрасном диапазоне, для изучения атмосферы Марса, и нейтронный спектрометр ФРЕНД для регистрации нейтронного альbedo Марса, поиска воды в верхнем слое его грунта, и исследования радиации на орбите планеты. Кроме того, в рамках проекта создавался общий для России и Европы комплекс приема научных данных и управления проектом⁶.

Об этом проекте, участии ИКИ в нем и важнейших результатах вы узнаете из этого номера⁷.

Злая ирония судьбы состоит в том, что первому этапу российско-евро-

пейского проекта «ЭкзоМарс» суждено было стать и единственным. На втором этапе предполагалось отправить на Марс посадочную платформу с комплексом научной аппаратуры и марсоходом для поиска в том числе признаков живых организмов. Посадочная платформа была разработана и изготовлена в России, марсоход – в Европе. Вначале их старт был запланирован на 2018 г., но из-за неготовности аппаратуры перенесен на 2020 г.

В 2020 г. «случилась» пандемия COVID-19. Этот вирус оказался губительным для проекта: из-за карантина в Европе подготовка фактически остановилась и запуск снова сдвинулся на два года – на следующее «стартовое окно» запуска аппаратов к Марсу.

И этот сдвиг, как оказалось, погубил проект окончательно. В марте 2022 г., фактически за неделю перед отправкой готового аппарата на Байконур, ЕКА приостановило проект из-за политических причин, а позже – остановило совсем. Аппарат был разобран, поставленные Россией элементы возвращены в Россию. Теперь Европа рассматривает возможность отправить марсоход «Розалинд Франклин» на Марс в 2028 г., уже без участия России.

К счастью, ТГО работает и продолжает поставлять исследователям важные данные об атмосфере и поверхности Марса.

Если продолжать тему исследований Солнечной системы, то надо вспомнить о проекте «БепиКоломбо», который реализуется совместно ЕКА и Японским аэрокосмическим агентством. На борту двух аппаратов, которые входят в миссию, установлены приборы, созданные в ИКИ и с участием ИКИ. «БепиКоломбо» стартовал с космодрома Куру 20 октября 2018 г. Сейчас, в 2025 г., аппараты все еще летят к Меркурию. Не все шло гладко, поэтому прибытие ожидается на год позже запланированного – в 2026 вместо 2025 г. Уже было выполнено несколько пролетов вблизи планеты в рамках запланированных гравитационных маневров и выполнены первые, во многом калибровочные, наблюдения. А созданный в ИКИ РАН

⁶ См. статью Назарова В.Н. в этом номере ЗиВ.

⁷ См.: Калашиников Д.В., Митрофанов И.Г. Гигантский ледник на Марсе // Земля и Вселенная. № 3. 2023. 13–22, а также статьи Кораблева О.И. и Митрофанова И.Г. в этом номере.

нейтронный и гамма-детектор МГНС был включен в международную сеть детекторов IPN по регистрации гамма-всплесков с помощью детекторов, находящихся на разных аппаратах в разных точках Солнечной системы.

Действующая сейчас российская лунная программа началась с открытия «новой влажной» полярной Луны, сделанного в том числе и командой российских ученых из ИКИ. Наблюдения нейтронного излучения Луны с борта лунного спутника НАСА российским прибором ЛЕНД показали признаки высокого содержания водорода в полярном реголите. За это открытие двое молодых ученых ИКИ РАН в 2010 г. были награждены Премией Президента Российской Федерации для молодых ученых. Большинство современных лунных проектов нацелены на исследование территорий именно в окрестности лунных полюсов⁸.

Это открытие инициировало кардинальную смену целей отечественной лунной программы. Вместо прежней, зашедшей в технический тупик, академической задачи исследования внутреннего строения Луны с помощью пенетраторов главной задачей лунной программы России стало исследование неизученных до сих пор полярных регионов Луны. Планируемые поиски воды и летучих веществ в этих областях позволили сразу связать научную исследовательскую программу с будущей важнейшей практической программой освоения Луны: использования лунных ресурсов и размещения на ее поверхности долговременных обитаемых астрофизических и технологических станций.

Предложения Российской академии наук о новых задачах исследования и освоения Луны в ноябре 2010 г. были доложены Председателю Правительства РФ. Доклад «Националь-

ная космическая доктрина» был одобрен, и концепция освоения полярной Луны получила поддержку руководства страны⁹.

«Лунная дорога», однако, оказалась долгой и трудной. Запуск первой в программе посадочной станции «Луна-25» неоднократно переносился и в итоге был осуществлен с нового космодрома Восточный лишь через 13 лет после утверждения программы, в августе 2023 г.

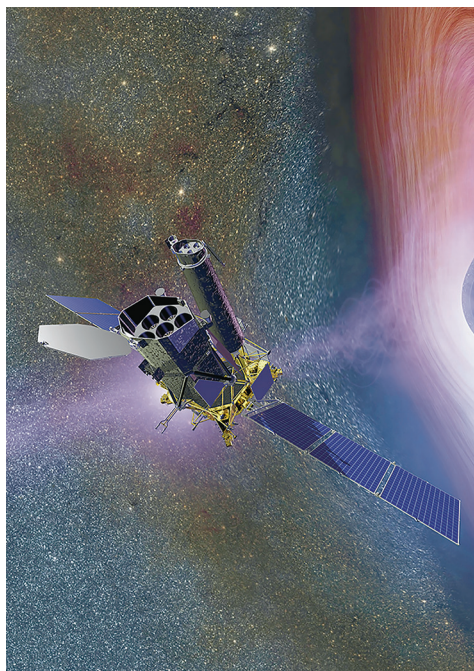
Первый проект российской лунной программы ставил перед собой цель впервые в лунной истории совершить мягкую посадку в южном околополярном районе Луны. К сожалению, полет «Луны-25» продлился только 9 дней и до посадки дело не дошло. После старта 11 августа 2023 г. с космодрома Восточный последовал успешный выход на траекторию перелета, а потом на орбиту искусственного спутника Луны. Во время перелета прошли включения комплекса научной аппаратуры, созданной в ИКИ, которые подтвердили, что аппаратура работает. Но 19 августа после выдачи импульса для формирования предпосадочной эллиптической орбиты связь с автоматической станцией прервалась. По результатам предварительного анализа, в связи с отклонением фактических параметров импульса от расчетных, автоматическая станция перешла на нерасчетную орбиту и прекратила свое существование в результате столкновения с поверхностью Луны¹⁰.

Результатами «Луны-25», если говорить о науке, стали фотографии кратера Зеeman, полученные во время тестовых включений. По тому, насколько сильно дно кратера испещрено более мелкими кратерами, оказалось возможным оценить его возраст. Конечно, это далеко не тот результат, на который рассчитывали разработчики.

⁸ См.: Митрофанов И.Г. Вода на Луне и Меркурии // Земля и Вселенная. № 1. 2013. С. 3–15 и Митрофанов И.Г. Об освоении Луны. Русский космизм, лунная гонка и открытие «новой Луны» // Земля и Вселенная. № 1. 2019. С. 5–17.

⁹ См.: Митрофанов И.Г., Зелёный Л.М. Об освоении Луны. Планы и ближайшие перспективы // Земля и Вселенная. № 4. 2019. С. 16–37.

¹⁰ Хронику полета АМС «Луна-25» см. в ЗиВ № 4, 2023.



*Полет обсерватории «Спектр-РГ»
в представлении художника.
Изображение: АО «НПО Лавочкина»*

А нам осталось только поздравить индийских коллег, чей посадочный аппарат Chandrayaan-3 через несколько дней в том же августе 2023 г. прилунился вблизи южного полюса Луны.

В ИКИ продолжают работы над следующими миссиями российской лунной программы. В 2027 г. мы рассчитываем на запуск орбитальной станции «Луна-26», которая, кроме прочего, должна составить подробную карту Луны. За ней по плану следует посадочная станция «Луна-27», и сегодня обсуждается вопрос, что было бы правильно как с точки зрения безопасности, так и с точки зрения научного выхода создавать сразу две станции-близнеца, которые могли бы дублировать друг друга в случае неудачи либо просто увеличить научную отдачу проекта, если обе миссии окажутся успешными, на что, конечно, надеются все.

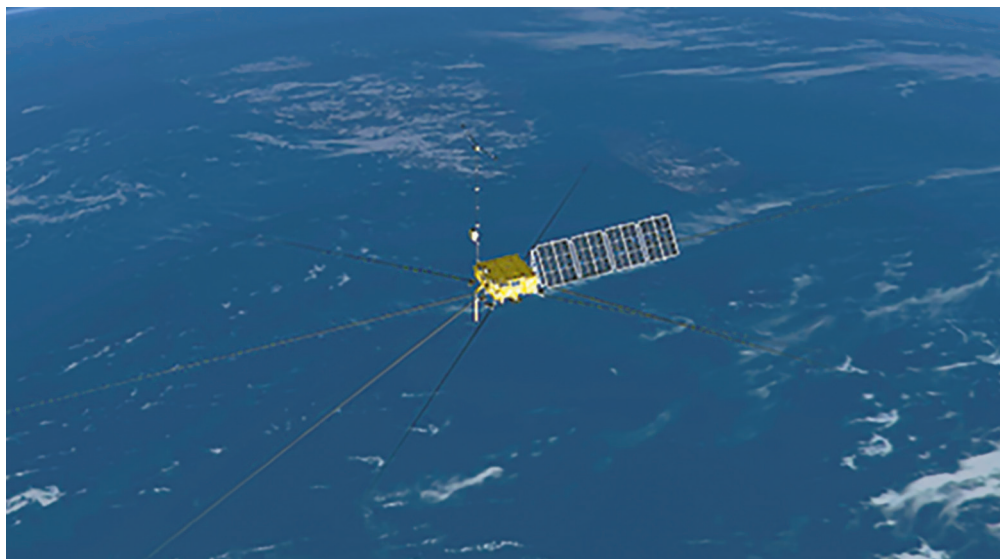
Кроме того, лунная тема продолжается в рамках международного сотрудничества. ИКИ РАН принимает участие в китайском лунном проекте Chang'E-7, который готовится к старту в 2026 г. Прибор, который будет установлен на аппарате, – Пылевой монитор Луны, почти полная копия прибора, работавшего на «Луне-25». Он предназначен для регистрации пылевых частиц и мониторинга электрических полей вблизи поверхности нашего спутника. В апреле 2025 г. два прибора, предложенные ИКИ, были также отобраны для проекта Chang'E-8, запуск которого, как говорят китайские коллеги, должен состояться «около 2029 г.».

От исследований планет перейдем к изучению далекой Вселенной. В этой области прошедшие десять лет оказались по-настоящему знаменательными именно для нашей страны. В 2019 г. произошло по-настоящему замечательное событие – в космос была выведена рентгеновская обсерватория «Спектр-РГ» – вторая обсерватория серии «Спектр», которая была задумана еще в конце эпохи СССР. О ней мы уже рассказывали на страницах журнала¹¹, однако не лишним будет напомнить, что это первая российская обсерватория в точке Лагранжа L2 и первый российский рентгеновский зеркальный телескоп ART-XC, созданный в ИКИ РАН в кооперации с Российским федеральным ядерным центром. С 2020 г. телескоп носит имя своего создателя Михаила Павлинского, руководителя отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН, ушедшего из жизни 1 июля 2020 г.

Второй телескоп eROSITA был создан в Германии в Институте внеземной физики Общества им. Макса Планка.

Предполагалось, что эти два инструмента за четыре года выполнят восемь полных сканов небесной сферы, по данным которых будет составлена самая подробная рентгеновская карта неба. До начала 2022 г. этот план успешно выполнялся – проект прошел

¹¹ См. ЗиВ № 4, 2022.



*Космический аппарат «Ионосфера-М» в полете в представлении художника.
Изображение: Е. Германюк, ИКИ РАН*

«экватор», завершив четвертый обзор и перейдя к пятому. Но – турбулентности внешней среды замутили и его плавное течение. В конце февраля 2022 г. по требованию германской стороны телескоп eROSITA был переведен в «спящий режим», в котором он пребывает до сих пор. Программа наблюдений телескопа ART-XC была оперативно пересмотрена и изменена с тем, чтобы максимально повысить его научную отдачу.

В 2024 г. «за создание первого российского рентгеновского зеркального телескопа ART-XC, открывающее новое направление в технологиях отечественного космического приборостроения» коллективу, в составе которого были и сотрудники ИКИ РАН, была присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Следующим замечательным для ИКИ годом стал предъюбилейный 2024. В ноябре состоялся долгожданный запуск первой пары аппаратов «Ионосфера-М» проекта «Ионозонд». Этот проект, также «долгострой» космической программы, возобновил изучение ионосферы и стал первым за

много лет отечественным проектом по исследованию околоземного пространства. В начале 2025 г. научная аппаратура «Ионосфер» начала работу. Вторая же пара спутников должна быть отправлена в космос летом этого года.

В конце 2025 г. начались два эксперимента ИКИ на Международной космической станции. Вернее, первый из них, «БТН-Нейтрон», работает с 2007 г., но в прошлом году на станцию была доставлена аппаратура для второго этапа этого эксперимента. Задача состоит в том, чтобы измерять радиационный фон, а именно – его нейтронную компоненту, вблизи МКС. На втором этапе кроме измерений снаружи станции будут проводиться измерения внутри, в том числе с использованием различных защитных экранов.

Второй эксперимент «Монитор всего неба» посвящен рентгеновской астрофизике. Снаружи МКС был установлен рентгеновский монитор СПИН-X1-MBN, который будет измерять поверхностную яркость космического рентгеновского фона в диапазоне энергий 6–70 кэВ. Это излучение создается миллионами слабых источников рент-

геновского излучения, настолько слабых, что «увидеть» их по отдельности сложно или невозможно. Однако если измерять их интегральную яркость, то можно делать выводы о распределении этих источников как в ближайшей к нам области Галактики, так и в далекой Вселенной. В начале 2025 г. аппаратура эксперимента МВН прошла этап проверок и калибровок, начались рабочие измерения.

Кроме космоса в ИКИ также изучают Землю, и можно сказать, что за последнее десятилетие в этой области произошел для многих не очень заметный, но огромный – качественный скачок, когда объемы данных, получаемых из космоса, о нашей планете превратились в по-настоящему «большие данные». С одной стороны, неуклонно растет число спутников дистанционного зондирования Земли и ИКИ тоже принимает в этом участие – на части КА ДЗЗ, выведенных в космос Россией в последнее десятилетие, работают приборы, созданные с участием ИКИ. С другой стороны, не менее важная задача состоит в том, чтобы превратить эти данные в научное знание, и здесь мы говорим уже о технологиях работы с ними: архивировании, обработке и превращении в информационный продукт. С 2012 г. в ИКИ РАН работает Центр коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг», где уже собрано более 8 петабайт данных. В 2019 г. ЦКП «ИКИ-Мониторинг» вошел в список объектов научной инфраструктуры мирового уровня в России¹².

В 2019 г. в ИКИ началась реализация проекта «Космическая научная обсерватория углерода лесов России»¹³.

Он был поддержан Российским научным фондом (РНФ) в рамках мероприятия «Проведение исследований научными лабораториями мирового уровня» по конкурсу 2019 г. (в рамках Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными). Проект завершился в 2022 г., но его продолжением стало участие ИКИ РАН в консорциуме «РИТМ Углерода», созданном в рамках важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Российская система климатического мониторинга»¹⁴. На основе разработанных в ИКИ РАН технологий получены уточненные оценки баланса углерода в лесах России. Установлено, в частности, что управляемые леса страны в среднем ежегодно поглощают углекислого газа CO₂ примерно на 440 мегатонн больше (или, в процентном соотношении, больше чем на 60%), чем официально считалось ранее. В 2024 г. эти результаты были представлены на конференции ООН по климату (COP29, Баку), и впервые использованы при подготовке Национального кадастра парниковых газов.

В 2024 г. двое сотрудников ИКИ РАН, занимающихся этой тематикой, вошли в другой коллектив, получивший премию Правительства Российской Федерации в области науки и техники «за разработку и применение интеллектуальных мультиспектральных систем дистанционного мониторинга природной и техногенной среды для отраслей цифровой экономики».

В этой статье не упомянуты очень многие из действительно замечательных результатов, которые получили сотрудники ИКИ в прошедшее десяти-

¹² См.: Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А. Центр коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг»: новые возможности использования технологий спутникового мониторинга Земли // Земля и Вселенная. № 5. 2021. С. 48–62, а также статью Лупяна Е.А. и др. в этом номере.

¹³ Полное название проекта «Разработка методов и технологии комплексного использования данных дистанционного зондирования

Земли из космоса для развития системы национального мониторинга бюджета углерода лесов России в условиях глобальных изменений климата».

¹⁴ См.: Барталев С.А., Лукина Н.В. Новая методология космического мониторинга углерода в лесах России // Земля и Вселенная. № 5. 2023. С. 44–58.

тилетие. Фактически мы просто перечислили состоявшиеся в это десятилетие запуски и почти ничего не говорили о тех приборах и проектах, которые были запущены ранее, но по-прежнему работают в космосе. Ничего не сказали о работе в наземных обсерваториях, которую ведут сотрудники Института, по наблюдениям Солнца и объектов далекой Вселенной.

В последние годы ИКИ активно развивает тему экзопланет. Это не так просто – для полноценных исследований в этой области нужны мощные наземные и космические обсерватории, с которыми в нашей стране, к сожалению, дело обстоит, мягко говоря, нехорошо. Однако у нас есть очень серьезные наработки в области теории и моделирования различных процессов, имеющих отношение к экзопланетной тематике: от формирования и развития протопланетных дисков до различных вопросов атмосферной физики. Поэтому в 2020 г. ИКИ в кооперации с САО РАН, ИНАСАН и другими институтами РАН и вузами России (всего 13 организаций) предложил проект «Теоретические и экспериментальные исследования формирования и эволюции внесолнечных планетных систем и характеристик экзопланет», который стал победителем конкурса на получение гранта в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития Минобрнауки России. Проект ставил целью консолидировать до настоящего времени разрозненные усилия различных коллективов, работающих по этой тематике, в рамках нескольких направлений. Не всех заявленных целей удалось достичь, однако некоторый дополнительный импульс экзопланетная тематика все же получила, были получены многие интересные результаты¹⁵.

¹⁵ См., например, ЗиВ № 3, 2020, где рассказывается о некоторых результатах, полученных российскими учеными к моменту старта проекта.

А есть еще теория космической плазмы и наземные эксперименты, а также космическое приборостроение и создание мощных наземных научных комплексов. Не зря годовой отчет института занимает почти тысячу страниц.

В завершение же я позволю себе сказать немного о той теме, которая сейчас представляет для меня особый интерес. Это общая теория пылевой плазмы, которая оказалась очень важна для самых разных задач космической физики. Вместе со своими коллегами я занимаюсь развитием теории нелинейных процессов в космических плазменно-пылевых системах. Ключевое слово здесь – «нелинейность», которая связана, в частности, с тем, что заряды пылевых частиц меняются во времени и в пространстве. Это важно именно для плазменно-пылевой системы над поверхностью космического тела, например над поверхностью Луны. Поэтому разработанная общая теория пылевой плазмы отличается от обычных плазменных теорий, где не учитывается пыль, и от классических теорий пылевой плазмы, в которых рассматриваются, например, плазменно-пылевые кристаллические структуры.

Процессы, связанные с космической пылью, существенным образом определяют физические свойства поверхности космического тела и влияют на его экосферу. Сама же космическая пыль представляет угрозу для космических аппаратов и в еще большей степени для космонавтов. Таким образом, эти теоретические результаты оказываются крайне необходимы для развития космического приборостроения и в конечном счете для обеспечения будущей экспансии человечества за пределы Земли.

*Главный редактор журнала
«Земля и Вселенная»
академик Лев Матвеевич Зелёный*