

ОПТИКА БЛИЖНЕГО КОСМОСА.

Навстречу Международному геофизическому году

ПРЕДИСЛОВИЕ ВЫПУСКАЮЩЕГО РЕДАКТОРА

© 2005 г. С. В. Авакян, доктор физ.-мат. наук

ВНЦ “Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова”, Санкт-Петербург

Этот выпуск издается в рамках подготовки нового общего для мировой науки события. В 2007 г. исполняется 50 лет со времени начала проведения Международного геофизического года в 1957–1958 гг. К этой дате планируется подготовить и провести в 2007–2008 гг. ряд научных мероприятий: “Международный гелиофизический год”, “Международный полярный год”, “Международный год планеты Земля” и “Электронный геофизический год”. Последнее название – дань современной компьютеризации геофизической информации как отдельных обсерваторий, так и мировых центров данных и, главное, роли Интернета в ее распространении. Международным геофизическим годом, вторым по счету, является фактически и 2007/2008 г., хотя по каким-то причинам, по-видимому, ненаучным, это название иногда опускается.

Исторически подобные события в мире начинались с международных полярных годов: первого в 1882 г., второго в 1932–1933 гг. и, наконец, третьего в 1957–1958 гг., который становится одновременно первым Международным геофизическим годом. Главнейшим событием первого Международного геофизического года, как и всего XX века, явилось, конечно, открытие Эры Космоса – запуск 4 октября 1957 года в Советском Союзе первого в мире искусственного спутника Земли. Это знаковое событие для всего человечества, но неопределимую роль оно сыграло как раз для прогресса геофизических наук, включая солнечную физику, внеатмосферную астрономию, космическую геофизику, солнечно-земную физику, собственно геофизику и прежде всего физику ионосферы и верхней атмосферы.

Особенно большой вклад космические исследования внесли в изучение околоземного космоса Солнца и, конечно, самой нашей планеты. Одними из наиболее важных и результативных методов исследований здесь оказались оптические исследования окружающей среды, включая дистанционное зондирование, наблюдения вне окон прозрачности атмосферы за внеатмосферными источниками излучений, непосредственные измерения верхнеатмосферных параметров на тех высотах, где функционирует большая

часть всех космических аппаратов и летали и летают практически все пилотируемые космонавтами корабли, орбитальные научные комплексы “Салют” и “Мир” и Международная космическая станция.

Оптические исследования, включая визуально-инструментальные наблюдения космонавтов, дали, безусловно, наиболее значимую информацию об окружающем Землю космическом пространстве, включая Солнце. Однако они еще более значимы как ключ для определения физики регистрируемых событий с учетом как радиофизических исследований, так и непосредственных сенсорных измерений параметров среды. Оптика в космосе определяет направления исследований, открывает новые явления, ставит задачи в космических экспериментах как в ближнем, так и в дальнем космическом пространстве для выявления физических процессов и механизмов. За 50 лет космических исследований получены огромные достижения в области оптики околоземного космоса, принадлежащие всему мировому сообществу. Поскольку в одной публикации невозможно охватить все результаты оптических исследований мировой космонавтики, остановимся на наиболее важных достижениях российских ученых.

В период первого Международного геофизического года и вплоть до настоящего времени отечественными исследователями получены огромные по масштабу и значимости результаты по оптике околоземного космоса. Начало этому было положено развитием сети станций полярных сияний, оснащенных камерами полного обзора неба и спектральной аппаратурой. Патрульные данные этих станций стали основой публикаций о полярных сияниях в ежемесячном периодическом издании “Solar and Geophysical Data” Мирового центра данных А в Боулдере. На средних и низких широтах квазипрерывные измерения свечений ночного неба проводились обсерваториями в Абастумани, Ашхабаде и Звенигороде. Здесь наиболее интересные результаты были получены в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР под руководством Т.Г. Мегрелишвили, Л.М. Фишковой

и Т.И. Торошелидзе. Обнаружена реакция ночных ионосферных свечений в линиях атомарного кислорода на различные гелиогеофизические явления, включая землетрясения и солнечные вспышки.

Теоретические модельные исследования и эксперименты по оптике верхней атмосферы, проводимые в институтах Академии наук: Физическом институте им. П.Н. Лебедева, Институте физики атмосферы, Институте космических исследований, Полярном геофизическом институте (Мурманск и Апатиты), Институте космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера (Якутск), а также в Институте прикладной геофизики им. Е.К. Федорова, Государственном оптическом институте им. С.И. Вавилова, Ленинградском госуниверситете и др. организациях, привели к созданию новых моделей и обнаружению не известных ранее оптических явлений в земной ионосфере. Так, еще в 1957 году В.И. Красовским (ИФА АН СССР) была предсказана возможность регистрации оптическими методами волновых движений в верхней атмосфере. Эту возможность реализовали советские космонавты, обнаружившие в 1968–70 гг. новое геофизическое явление горизонтальной неоднородности в собственном эмиссионном излучении верхней атмосферы Земли в сумеречной зоне, названное “вертикально-лучевой структурой” (авторы открытия Г.Т. Береговой, А.А. Бузников, К.Я. Кондратьев, А.И. Лазарев, М.М. Мирошников, А.Г. Николаев, В.И. Севастьянов, О.И. Смоктий, Е.В. Хрунов). Позднее эту “горизонтальную структуру в *airglow*” экспериментально также подтвердили Н. Mullaneу, М.Д. Paragiannis, J.F. Noxon (1972 г.), тоже связав ее с наличием в ионосфере внутренних акустико-гравитационных волн, особенно сильных как раз в сумеречной зоне (с амплитудой вариаций плотности атмосферы до $\pm 50\%$).

По программе, разработанной в ГОИ им. С.И. Вавилова профессором А.И. Лазаревым в 1974 г., советские космонавты провели еще ряд наблюдений на уровне научных открытий в области оптики верхней атмосферы Земли. Это прежде всего относится к обнаружению не известного ранее явления усиления оптического эмиссионного излучения и увеличения электронной концентрации в *F*-области ночной ионосферы в периоды солнечных вспышек, сопровождающихся возрастанием излучения Солнца в крайнем УФ диапазоне. По данным патрульных регистрограмм Абастуманской обсерватории усиление свечения происходит на 20–100%, а ионизондовые измерения дают увеличение ионизации в *F*-области до 10%. Во всех случаях такое явление зарегистрировано после геомагнитных бурь и связано в рамках физического механизма, предложенного в ГОИ им. С.И. Вавилова в 1980 г., с допол-

нительным резонансным рассеянием в геокороне солнечного излучения на линиях ионов He^+ , He и, главное, O^{++} . Увеличенный по плотности в десятки раз слой ионов O^{++} в ближней геокороне возникает в период восстановительной фазы магнитной бури. Основные результаты изучения этого явления, названного космонавтами планетарным свечением, получены экипажами в составе В.В. Коваленка, А.С. Иванченкова и В.П. Савиных. Космонавтом В.Г. Титовым с орбитального пилотируемого комплекса “Мир” в начале 1988 г. впервые из космоса наблюдались пульсирующие (с частотой около 10 Гц) полярные сияния типа “бегущей волны” на огромной площади над США. Подобные сведения о наличии крупномасштабных пульсаций были позднее подтверждены с автоматического ИСЗ “Акабоно”. Наземные наблюдения не могут полностью охватить масштабы подобных структур.

Важные оптические исследования с борта орбитальных научных станций “Салют” выполнены космонавтом Г.М. Гречко. Одно из наблюдений – появление в ионосфере на ночной стороне “молочного тумана” – до сих пор не нашло адекватного объяснения. Возможно, это результат влияния на энергетику термосферы входа Земли в корональный транзит солнечно-магнитосферной природы. Не исключено также и простое влияние на возможности визуальных наблюдений околоповерхностного свечения ионосферы у иллюминатора “Салюта”. Впервые такое свечение зафиксировано ИК датчиками (на высотах более 120 км) в 1960–1962 гг. А.И. Лазаревым и Н.Б. Успенским при спуске беспилотных космических аппаратов. Впоследствии визуально свечение у поверхности наблюдали сами космонавты при ночных спусках пилотируемых космических кораблей “Союз-10” и “Союз-23” в 1971–1976 гг. Начиная с 1974 года инструментально это свечение зарегистрировано у поверхности спутника США “Atmospheric Explorer-C”, а затем визуально наблюдалось на “Колумбии-3” в 1982 г. Наиболее интересные наблюдения приповерхностного свечения (у солнечных батарей) выполнены космонавтами В.Г. Титовым и М.Х. Манаровым в 1988 г. с борта орбитального комплекса “Мир”. В этом случае удалось обнаружить околоповерхностное свечение в период очень высокой гелиофизической активности, когда в течение двух недель подряд до этого произошло 5 мировых магнитных бурь, а в последние три дня – 60 солнечных вспышек. Это привело к сильному разогреву верхней атмосферы Земли и увеличению плотности в скоростном напоре у поверхности орбитального комплекса “Мир” в несколько раз.

С борта “Салюта-6” в июне–июле 1978 г. экипажами В.В. Коваленка и П.И. Климука обнаружен

рассеивающий пылевой слой, аналогичный серебристым облакам на всех широтах, включая экваториальные. Таким образом, представление о том, что серебристые облака существуют только на средних и высоких широтах, было существенно уточнено.

В Институте космических исследований (ИКИ) группой А.К. Кузьмина выполнены спутниковые исследования полярных сияний и эмиссий верхней атмосферы, при этом космическая аппаратура для УФ области спектра изготовлена в Ленинградском институте точной механики и оптики под руководством К.Н. Чикова. В ИКИ группой Ф.К. Шуйской и Т.М. Мулярчик на ИСЗ “Интеркосмос-19” впервые получены экспериментальные доказательства наличия в ионосфере Земли электронов Оже, предсказанных ранее в ГОИ им. С.И. Вавилова. Значительно позднее такие работы были проведены в США на спутнике DE-B.

В Ленинградском госуниверситете под руководством Г.М. Шведа обнаружена возможность инверсной населенности колебательно-вращательных состояний в земной атмосфере для переходов на $\lambda \approx 10$ мкм (1991 г.), в ФИАН им. П.Н. Лебедева группой М.Н. Маркова и Б.Ф. Гордийца создана теория инфракрасного излучения ионосферы Земли, удовлетворительно объясняющая экспериментально обнаруженные интенсивности и слоистость ИК

излучения в области от 0,8 до 40 мкм (1978 г.). Возможность инверсной населенности по электронным состояниям молекулярных ионов азота и особенно кислорода в ионосфере Земли при воздействии импульсного источника и в зоне полярных сияний была предсказана в ГОИ им. С.И. Вавилова (1991 г.).

В целом оптические исследования дали много новых результатов по околоземному космосу. Работа будет продолжена как при проведении новых запусков космических аппаратов с оптико-электронной аппаратурой на борту, так и в пилотируемых космических экспедициях. Важной составной частью всех исследований являются модельные представления и научная интерпретация получаемых массивов данных с обнаружением не известных ранее явлений. Задачи и объекты космических оптических исследований на ближайшие годы остаются прежними. Тематике этого выпуска близки вопросы солнечно-земной физики, солнечно-земных связей и, главное, создание системы контроля солнечной коротковолновой активности, включая постоянный мониторинг (космический патруль) абсолютных потоков и спектра мягкого рентгеновского и крайнего УФ излучений Солнца – наиболее геоэффективного параметра солнечной активности, включая солнечные вспышки. Отсутствие такого патруля существенно затрудняло космические исследования всех предшествующих лет.



Авакян Сергей Вазгенович, доктор физико-математических наук, окончил Ленинградский государственный университет в 1965 г. Подготовку в области физики атомных столкновений и физического эксперимента прошел в период работы в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе АН СССР (1966–1970 гг.). С января 1971 г. работает в Государственном оптическом институте им. С.И. Вавилова, в настоящее время – начальник лаборатории аэрокосмической физической оптики, главный конструктор оптико-электронной аппаратуры. Возглавляет работы ГОИ по созданию аппаратуры для мониторинга ионизирующего мягкого рентгеновского и крайнего УФ излучений Солнца, включая контроль солнечных вспышек. С.В. Авакян является ведущим научным сотрудником отдела физики Солнца Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН и профессором Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики.

В течение 1975–1990 гг. С.В. Авакян участвовал в подготовке советских космонавтов и исследованиях по оптике атмосферы в Центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, по результатам которых им написаны в соавторстве с космонавтами и учеными следующие монографии: «Атмосфера Земли с “Салюта-6”». Л.: Гидрометеоиздат, 1981; “Волны и излучение верхней атмосферы”. Алма-Ата: Наука, 1981; “Ночная F-область ионосферы в периоды вспышек на Солнце”. Алма-Ата: Наука, 1984; “Исследование Земли с пилотируемых космических кораблей”. Л.: Гидрометеоиздат, 1987; “Наблюдения полярных сияний из космоса”. Л.: Гидрометеоиздат, 1991.

Одновременно в ГОИ им. С.И. Вавилова С.В. Авакяном проводились анализ и обобщение экспериментальных и теоретических исследований в области оптики естественных и искусственных возмущений атмосферы и ионосферы Земли, в результате которых открыт ряд новых оптико-геофизических явлений (реакция ночной верхней атмосферы на солнечные вспышки, инверсная населенность по электронным состояниям при импульсном воздействии и др.). Результаты этих работ изложены более чем в 200 научных публикациях, вклю-

чая справочники: “Ионизирующие и проникающие излучения в околоземном космическом пространстве”. СПб.: Гидрометеоиздат, 1994; “Collision Processes and Excitation of the Ultraviolet Emission from Planetary Atmospheric Gases. Handbook of Cross Sections”, Editor S.V. Avakyan, London, Gordon and Breach Publ., 1998; “Сечения процессов ионизации и возбуждения УФ излучения при столкновениях электронов, ионов и фотонов с атомами и молекулами атмосферных газов”. СПб.: ГОИ–ФТИ, 2000.

С.В. Авакян – представитель России в Европейской программе “Космическая погода”, представитель SPIE/RUS в ГОИ, представитель ГОИ в научном совете по астрономии РАН, член научного совета по проблеме “Физика электронных и атомных столкновений” РАН, член SPIE и Всероссийского оптического общества им. Д.С. Рождественского.
