УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ СПЕКТР СОЛНЦА, ПОЛУЧЕННЫЙ С ВЫСОТ ДО 88 КИЛОМЕТРОВ

Для наблюдателя, находящегося на земной поверхности, спектр Солнца, так же как и спектры других внеземных источников света, резко обрывается с коротковолнового конца около 2900 Å. Причиной такого обрезания спектра является, как известно, селективное поглощение света атмосферным озоном Основная полоса поглощения озона (полоса Гартлея) располагается в интервале примерно 2100—3300 Å с максимумом около 2550 Å. В области 2300—2800 Å коэффициент абсорбции настолько велик, что слой озона в 0,1 *мм* при атмосферном давлении достаточен для практически полного поглощения всей радиации Солнца. Общее же содержание озона в атмосфере соответствует слою толщиной около 3 *мм* при 760 *мм* Hg.

Начиная примерно с 2100 Å и короче, за поглощение в основном ответственен кислород, имеющий в этой области широкую и очень интенсивную полосу поглощения. На грани полос поглощения кислорода и озона — в интервале 2100—2200 Å — прозрачность атмосферы несколько выше, и в 1934 г. Гётцу, Шейну и Штоллю удалось с помощью счётчика Гейгера-Мюллера обнаружить следы радиации Солнца в этой области спектра.

Поскольку озон поглощает всю энергию излучения Солнца в крайнем ультрафиолете, а также значительную долю инфракрасной радиации земной поверхности, он оказывает существенное влияние на термику и динамику атмосферы, и знание распределения озона по высоте имеет исключительное значение для физики атмосферы. О том, какое значение имело бы знание ультрафиолетового спектра Солнца для астрофизики, говорить не приходится.

Важность этих проблем породила многочисленные попытки, с одной стороны, пробить, хотя бы частично, в области, близкой к 2900 Å, и в области «окна» около 2100 Å озонную «крышу» и, с другой стороны, определить структуру озонного слоя как путём непосредственного подъёма аппаратуры на большие высоты (Регенеру в 1931 г. удалось снять спектр Солнца с высоты 31 *км*, подняв спектрограф на шаре-зонде), так и косвенными методами.

Установлено, что основная масса озона сконцентрирована в слое, простирающемся по высоте, примерно до 55 *км*, с центром тяжести около 25 *км* над уровнем моря. Следовательно, полный ультрафиолетовый спектр Солнца в области полосы поглощения озона можно рассчитывать получить только путём подъёма спектрографа до высоты по крайней мере 55 *км*. Такие высоты до последнего времени были недоступны.

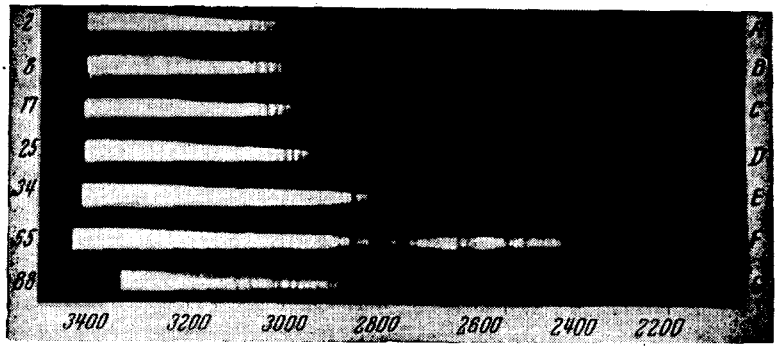
10 октября 1946 г., во время испытательного полёта реактивного снаряда V-2 в White Sands Proving Grounds (штат Нью-Мексико, США), достигшего высоты 160 *км*, был получен ряд спектров Солнца с высот вплоть до 88 *км* *).

Спектрограф, на котором получены эти спектры, представлял собой вогнутую алюминиевую дифракционную решётку 15 000 линий на дюйм с радиусом кривизны 40 *см* и светосилой f:10. Дисперсия — 44 Å на *мм*. Разрешаю-

---

*) W. A. Baum, F. S. Jonson, J. J. Oberly, C. C. Rockwood, C. V. Strain and R. Tonsey. Phys. Rev. **70**, № 9—10, 781 (1946).

щая сила — 3Å. Вместо щели использовался шарик (spherical bead) из фтористого лития диаметром 2 *мм*, установленный, повидимому, на боковой поверхности ракеты. Он давал маленькое действительное изображение солнечного диска, фигурировавшее в качестве источника света и создававшее вследствие астигматизма решётки спектральные линии. Авторы указывают, что эта система обладает очень широким полем зрения и намного эффективнее, чем щель эквивалентной ширины, покрытая матовой пластинкой. В противоположной стенке ракеты располагался второй шарик (bead). Плоские зеркала с каждой стороны направляли оба световых луча на решётку. Благодаря такому устройству удваивалась вероятность попадания прямых лучей Солнца в спектрограф при вращении ракеты.



Спектры фотографировались на плёнку, сенсибилизированную для ультрафиолета, причём был предусмотрен восьмисекундный цикл из трёх самостоятельных экспозиций в 0,12, 0,66 и 3,6 секунд. Из ста возможных снимков, по техническим причинам, была получена серия, состоящая только из 35 спектров, снятых на разных высотах. Выше 88 *км* съёмка не удалась, главным образом, из-за вибрации ракеты.

Поскольку давление воздуха в спектрографе совпадало с внешним атмосферным давлением на соответствующей высоте, постольку коротковолновую границу спектра определяла только прозрачность фтористого лития (около 1100 Å). Длинноволновая граница определялась конструкцией прибора и находилась у 3400 Å.

На рисунке представлены спектры, снятые на разных высотах с экспозицией 3,6 секунды. Слева указаны высоты (в километрах), с которых получены спектры. Длины волн даны в ангстремах. Контрастность спектров на репродукции ослаблена с тем, чтобы по возможности выделить интересную область.

Около 44 *км* ракета стабилизировалась. Выше она крутилась и «рыскала», вследствие чего спектры *F* и *G* получены в условиях, когда Солнце располагалось благоприятно относительно оси прибора. Следовательно, относительная слабость ультрафиолетовой части в спектре *G* (являющемся ныне спектром, полученным с наибольшей высоты) по сравнению со спектром *F* следует объяснять малостью фактической экспозиции. Размывание спектров *E* и *F* вызвано вибрацией и вращением ракеты. То, что спектры слабеют, особенно вдоль линий, при вращении ракеты, является характерным для применённого щелевого устройства (bead slit). В спектрах *F* и *G* этот эффект проявился в смещении спектров вдоль линий в процессе экспозиции.

Из рассмотрения спектров видно, что по мере возрастания высоты они прогрессивно растягиваются в коротковолновую сторону. На 25 *км* спектр

сфотографирован до 2925 Å. Спектр E (34 *км*) удлиняется уже до 2650 Å и, кроме того, обнаруживается слабый участок примерно от 2100 до 2260 Å, незаметный на репродукции. Выше 34 *км* над прибором остаётся ещё достаточное количество озона (по данным Регенера, менее 30%), чтобы не допустить обнаружения спектра в центре полосы Гартлея, но спектр в «окне» между полосами поглощения кислорода и озона уже заметен. К 55 *км* основная масса озона уже пройдена и незначительное количество его, остающееся над прибором, хотя ещё отчётливо ощутимо, но уже позволяет легко фотографировать спектр Солнца в области всей полосы Гартлея. Как и следовало ожидать, спектра Солнца в шумановской области получить не удалось, что существенно как для оценки количества кислорода выше 55 *км*, так и для развития представлений о механизме образования озонного слоя. Несомненный интерес с геофизической точки зрения представляют также несколько неожиданные полосы поглощения в области 2800 Å, не принадлежащие ни озону, ни кислороду. Обработка спектров ещё не закончена и, кроме их репродукции, никаких данных не опубликовано.

Следует отметить, что спектры эти получены на аппаратуре весьма малой светосилы и со сравнительно короткими экспозициями.

Повидимому, на том же V-2 с теми же целями был поднят и другой спектрограф, специально построенный в Гарвардском университете Ван-Алленом и Хопфильдом. Фотографии его можно найти в Popular Science (октябрь 1946 г., стр. 78), однако были ли получены с его помощью какие-либо результаты — пока неизвестно.

Г. Розенберг