ИСТОРИЯ СТРАТОСФЕРНЫХ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ФОТОСФЕРЫ СОЛНЦА С ВЫСОКИМ УГЛОВЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ В 70-Х ГОДАХ XX ВЕКА В ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Парфиненко Л.Д.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

THE HISTORY OF STRATOSPHERIC AND GROUND-BASED OBSERVATIONS OF THE SOLAR PHOTOSPHERE WITH HIGH ANGULAR RESOLUTION IN THE 70S OF THE XX CENTURY AT THE PULKOVO OBSERVATORY

Parfinenko L.D.

Central (Pulkovo) astronomical observatory of RAS, St-Petersburg, Russia

In the 70s of the last century in the USSR, under the leadership of the Pulkovo Observatory, the Saturn stratospheric solar observatory was created. The photographs and spectra obtained with its help have been record-breaking in angular resolution for more than 45 years. Then, for ground-based observations of the fine structure of the Sun in the mountains of the eastern Pamir at an altitude of 4.2 km, the Pulkovo 50-cm mobile open-type telescope was installed and successfully operated for 11 years. The effectiveness of the Pamir telescope is recognized by the scientific community, covered in reviews, for example, in the second edition of the classic monograph "Solar Granulation" by R. Bray, H. Lougheda and C. Durrant (1984). These works became an important step in the development of high spatial resolution technologies in heliophysics. However, to date, the details of these studies remain little known to the scientific community. This paper attempts to partially fill this gap.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-255-258

1. Введение

Исследования тонкой структуры атмосферы Солнца связаны с решением наиболее важных проблем солнечной физики.

Неоднородности яркости видимой солнечной поверхности были открыты Джеймсом Шортом в 1748 году, а термин “гранула” введен Дейвсом в 1864 году. Первые фотографии солнечной грануляции получил в 1877 году Пьер Жансен. Временные последовательности фотографий грануляции и пятен были получены А.П. Ганским в Пулкове в 1905–07 годах.

В основе первых исследований тонкой структуры атмосферы Солнца лежали оптические наблюдения с высоким пространственным разрешением порядка 0.5" (~ 400 км на Солнце). Уже первые наблюдатели, получив фотографии солнечной поверхности, осознали искажающее влияние земной атмосферы. Поэтому в 1874–75 годах во Франции начались попытки поднять наблюдателя с небольшим телескопом на баллонах на высоту 6000–8000 м. над землей. Один из полетов закончился трагически гибелью

двух аэронавтов, и после этого баллонные наблюдения надолго прервались. Возобновились баллонные полеты опять во Франции в середине XX столетия братьями Дольфюс (Charles – пилот, а Andonin – астроном-наблюдатель) совместно с D.E. Blackweell. Они фотографировали (22 ноября 1956 г. и 1 апреля 1957 г.) солнечную грануляцию с высоты 6000 м рефрактором с диаметром объектива 29 см и в последнем полете за 4 часа получили 480 снимков и многие с разрешением около $0.8''$ (≈ 600 км), а наблюденный контраст грануляции К достигал 4,8%. В 50-е годы благодаря техническому прогрессу можно было уже использовать на борту аэростата автоматическую аппаратуру, так как нахождение на нем человека связано со многими трудностями и стало совершенно неоправданным. Тем более что появилась возможность поднять стратостатный баллон на высоту более 20000 м. В 1955 году М. Шварцшильдом с сотрудниками в обсерватории Принстонского университета была начата разработка стратосферного солнечного телескопа с диаметром главного зеркала 30,5 см, чтобы получить прямые снимки поверхности Солнца с дифракционным разрешением $\Delta\alpha_R = 0,45''$ («Стратоскоп-1»). Применение беспилотной автоматической системы и тонкой (50 мкм) полимерной пленки для оболочки аэростата дало возможность вести наблюдения с недоступной ранее высоты 25 км, где плотность воздуха в 30 раз меньше наземной.

"Спектростратоскоп" ($D = 320$ мм), созданный в ФРГ (Кипенхойер, Мельтреттер, фирма "Оптон") был аналогичен "Стратоскопу-1", но кроме прямых снимков в "белом" свете предусматривалось получение спектрограмм и фотографий с Na-фильтром. Дисперсия спектрографа достигала 10 мм/Å, а спектральное разрешение 12 mÅ. При этом выдержка была 10 с, что предъявляло большие требования к стабильности положения изображения. Впервые была применена подвеска телескопа к аэростату за центр тяжести и 3-х ступенчатая система стабилизации изображения. Был проведен только один удачный полет 17 мая 1975 года. Оценки качества спектрограмм "Спектростратоскопа" и какие-либо работы, выполненные на их основе, неизвестны.

2. Развитие стратосферных наблюдений Солнца в СССР

В СССР усилия были сосредоточены на создании большого стратосферного солнечного телескопа для исследования атмосферы Солнца с недостижимым ранее пространственным разрешением. В мае 1961 г. вышло специальное постановление Совета Министров СССР о создании стратосферного солнечного телескопа с диаметром зеркального объектива 50 см, а затем 100 см. На эту работу до конца 70-х гг. прошлого века выделялось большое финансирование. Это был проект, в котором участвовали сотни специалистов нескольких заводов и институтов. Научное руководство проектом осуществляла Пулковская обсерватория (Krat et al., 1972). Основные работы по созданию телескопа успешно выполнил Казанский оптико-

механический завод, главным конструктором проекта был В.Ф. Михалев. В короткий срок была создана Советская Стратосферная Солнечная Обсерватория под кодовым названием "Сатурн", телескоп которой имеет главное зеркало из ситалла диаметром 1 метр для получения с высоты 20 км снимков и спектрограмм солнечных структур с разрешением до $0.12''$ (90 км на солнечной поверхности), недостижимым в то время с земной поверхности из-за атмосферных искажений. Самым успешным является 3-й полет телескопа "Сатурн" в 1970 году (использовано главное зеркало диаметром 0.5 м). Рекордное разрешение $0.24''$ было достигнуто более чем на 100 фотоснимках различных солнечных структур. Получены также спектрограммы с разрешением $\sim 0.5''$. В 4-ом полете 1973 года с 1-метровым главным зеркалом разрешение нескольких снимков доведено до $0.12''$. Наблюдательный материал, полученный на стратосферной солнечной обсерватории «Сатурн» по качеству, разрешению и надежности фотометрической калибровки опередил существовавший мировой уровень. Несмотря на запуск в 2010 г. стратосферного 100 см (для УФ диапазона) Sunrise telescope (Barthol et.), снимки и спектры, полученные на телескопе «Сатурн» для видимого диапазона не превзойдены по точности калибровки (изображения с адаптивных телескопов уступают в точности фотометрии) и остаются важным этапом развития наблюдательных методов гелиофизики.

3. Наземный солнечный телескоп открытого типа "Памир"

Стратосферные наблюдения не позволяют систематически исследовать тонкую структуру солнечной атмосферы. Поэтому, используя технические наработки стратосферной станции «Сатурн», Пулковской обсерваторией и Казанским оптико-механическим заводом был разработан и установлен в 1978 г. на восточном Памире на высоте 4300 м недалеко от г. Мургаб наземный солнечный телескоп открытого типа с короткими оптическими путями (научный руководитель проекта Парфиненко Л.Д.). Исключительно сухой местный климат позволил использовать телескоп без павильона. Это, вероятно, самый большой в мире передвижной наземный солнечный телескоп для исследования тонкой структуры. Памирский солнечный телескоп частично изготовлен на базе механики и оптики, оставшейся от 50 см варианта стратосферного телескопа «Сатурн», на смену которому пришел 100 см телескоп «Сатурн», совершивший успешный полет в 1973 г. Памирский телескоп установлен на подъемной платформе специального автомобиля (рама с оправой рассчитана на установку 100 см объектива). Колонна телескопа разъемная, в походном положении телескоп укладывается на платформу автомобиля с помощью гидравлического домкрата. Перевод телескопа из походного положения в рабочее занимает около часа. В Шорбулаке телескоп установлен в стационарном варианте. Он является одним из первых телескопов-роботов, работающих без участия астронома-оператора по сигналам от анализатора качества изображе-

ния. На нем за 11 лет (1978–1989 гг.) получен уникальный научный материал по тонкой структуре солнечной атмосферы.

4. Заключение

Наблюдательный материал, полученный на стратосферной солнечной обсерватории «Сатурн», по качеству, пространственному разрешению и надежности фотометрической калибровки существенно опередил существовавший на то время мировой уровень. Фотографии и спектры Солнца, полученные на телескопе «Сатурн» для видимого диапазона остаются крупным достижением современной гелиофизики. Только в 2009 г. был запущен 100 см германо-испанский стратосферный солнечный телескоп (для УФ диапазона) Sunrise telescope (Barthol et al., 2010).

Литература

- Barthol et al.* The Sunrise Mission // 2010, Solar Phys., **268**, Issue 1, pp.1-34.
- Ikhsanov R.N., Parfinenko L.D., Efremov V.I.* On the Organization of Fine Structure of the Solar Photosphere // 1997, Sol. Phys. **170**, p.205.
- Krat V.A., Karpinsky, V.N., Pravdjuk, L.M.* On the Sunspot Structure // 1972, Solar Phys., **26**, 305.
- Krat V.A. et al.* The third flight of the Soviet stratospheric solar observatory // 1970, Astron. Tsirk., No. 597, p. 1–3.
- Krat, V.A.; Parfinenko, L.D.; Stoyanova, M.N.* On grey pores in the solar photosphere // Byulletin Solnechnye Dannye Akademii Nauk USSR, No. 1985/3, p. 60–65.
- Krat, V.A.; Karpinsky, V.N.; Sobolev, V.M.* Preliminary results of the third flight of the Soviet stratospheric solar observatory // 1972, Space Research XII, Vol. 2, p. 1713-1717.